



Agricultura inteligente en ambientes salinos – Argentina

Resumen ejecutivo

Se ejecutó el primer año (funcionando como un proyecto piloto con formato de *engagement* inicial) de un programa plurianual para desarrollar un *hub* de innovación en agricultura salina en Argentina. El objetivo general fue sentar las bases para identificar prácticas sostenibles a nivel de sistema regional que permitieran lograr una agricultura eficiente en ambientes de producción con problemas de salinidad. El proyecto piloto se llevó a cabo a través de un trabajo conjunto entre la Embajada del Reino de los Países Bajos en Argentina y el centro de formación en investigación América Agroinnova, que forma parte de la organización sin fines de lucro de tipo público-privada Centro Para la Formación de Emprendedores de Rivadavia (CEFER) con asiento en el partido de Rivadavia, oeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El proyecto piloto buscó cumplir los objetivos en torno a tres ejes principales relacionados con la temática de interés: (i) vinculación a nivel territorial y directo entre *stakeholders* de los Países Bajos y de Argentina, incluyendo la interacción entre investigadores neerlandeses y referentes de Argentina, un mapeo de actores y una gira técnica en territorio en el partido de Rivadavia; (ii) el desarrollo de una versión preliminar de un Mapa de Salinidad tomando el partido de Rivadavia como ejemplo, que incluyera la participación de investigadores, agrónomos, actores del sector público municipal y productores agropecuarios; y (iii) la realización de un ensayo a campo en ambientes salino-sódicos para evaluar la potencial adaptabilidad de prácticas de manejo recomendadas a nivel local para diferentes especies estivales de ciclo anual con destino de cosecha.

Durante los meses de mayo a julio de 2024 se realizaron numerosas reuniones entre investigadores de la Universidad de Wageningen, la Universidad de Amsterdam y la empresa Salt Doctors (de la parte neerlandesa) y el director de América Agroinnova (de la parte argentina), mediadas por el asesor agrícola de la Embajada del Reino de los Países Bajos en Argentina. Se identificaron *stakeholders* actuales y potenciales de parte neerlandesa y argentina. Se describió el sistema de producción agropecuario de cultivos extensivos en Argentina y las problemáticas productivas relacionadas a la salinidad, como una limitante ubicada espacialmente en sectores identificables dentro de un gran sistema productivo con diferentes niveles de limitación por salinidad (desde nulo a muy severo).

Durante el mes de agosto de 2024 se realizó una gira técnica por Argentina, incluyendo la organización por parte de América Agroinnova de una visita inmersiva al partido de Rivadavia para comprender en territorio la problemática a resolver. Se realizaron entrevistas con actores del sector público municipal (intendencia y secretaría de producción), la visita a tres establecimientos de producción agropecuaria extensiva con diferente nivel de adopción de prácticas destinadas a evitar o mitigar el efecto de la salinidad sobre la producción. Se realizaron entrevistas en profundidad mediadas por el director de América Agroinnova, intercambios entre la parte neerlandesa y la argentina acerca de los riesgos y potenciales beneficios asociados con la adopción de diferentes prácticas recomendadas en la literatura, así como también el diseño de una hoja de ruta para abordar la problemática en el territorio. A partir de la hoja de ruta diseñada se reconocieron tres ejes clave sobre los cuales trabajar: (i) la profundización del vínculo entre los *stakeholders* de ambas partes debido al intercambio positivo realizado en relación con la temática; (ii) la necesidad de un mapeo a escala regional del nivel de limitación por salinidad para la producción agropecuaria; y (iii) la necesidad de ejecutar experimentos a campo para evaluar in-situ las diferentes



prácticas para mitigar la limitación productiva asociada con la salinidad, tanto recomendadas por la parte neerlandesa como aquellas reconocidas localmente como potenciales soluciones.

Se procedió a cumplir con los ejes clave definidos en el mediano plazo, pero comenzando apenas terminada la visita de la comitiva neerlandesa. Para cumplir con el eje (i), con la mediación del asesor agrícola de la Embajada del Reino de los Países Bajos en Argentina, se diseñó una hoja de ruta conjunta para futuros nuevos intercambios con una modalidad similar a la ocurrida en 2024. Para cumplir con el eje (ii), se diseñó un proyecto coordinado por América Agroinnova y ejecutado técnicamente por el equipo de investigadores del Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (FAUBA-IFEVA) a través del cual se generó el primer Mapa de Salinidad que clasificó por completo el territorio del partido de Rivadavia en diferentes categorías de limitación por salinidad. Para cumplir con el eje (iii), se diseñó un experimento bajo recomendación de The Salt Doctors en el que se evaluó la adaptación local de varias especies cultivadas a suelos salino-sódicos bajo prácticas de manejo recomendadas localmente para mitigar los efectos de la salinidad, con resultados iniciales demostrativos de los desafíos de la producción agrícola extensiva en suelos salinos e indicios de las reducidas especies adaptadas a suelos con esta problemática.

Se recomienda continuar con el proyecto en años subsiguientes profundizando los resultados obtenidos y sumando la interacción con un mayor número de stakeholders regionales. En primer lugar, se propone realizar una devolución online de los resultados de la gira técnica con eje en las conclusiones obtenidas por los investigadores neerlandeses acerca de los aspectos positivos y negativos que ofrece el entramado sociológico local para desarrollar una agricultura inteligente en ambientes salinos. En segundo lugar, se propone realizar un nuevo intercambio de experiencias por parte de stakeholders, pero que incluya nuevos actores, tanto con una nueva visita de la parte neerlandesa a Argentina o viceversa. En tercer lugar, se propone profundizar el desarrollo del proyecto de Mapa de Salinidad, mejorando el mapa generado a partir de una contra-validación en territorio con la realización de un muestreo de suelo semi-dirigido a gran escala, enfocado en los sitios declarados por los actores locales como conflictivos en términos de su clasificación en categorías de riesgo salino. En cuarto lugar, se propone evaluar prototipos de tecnologías de medición de salinidad en suelos in-situ complementarias a la teledetección que abaratarían el costo de medición y agilizarían los tiempos para la contra-validación. En quinto lugar, se propone expandir el Mapa de Salinidad a otros partidos de la Región Pampeana o a los Países Bajos en base al algoritmo mejorado para la clasificación del territorio en categorías de riesgo salino en función de lo desarrollado en el partido de Rivadavia como prototipo. Finalmente, en sexto lugar, se propone desarrollar la parte experimental en ambientes reconocidos como de transición salina en múltiples sitios, disminuyendo la cantidad de tratamientos e incluyendo un nuevo stakeholder local reconocido como de máximo interés luego de la gira técnica del primer año. América Agroinnova podría actuar como coordinador general de la continuación del proyecto para sinergizar los esfuerzos a partir de lo logrado en el primer año del proyecto.



1. Objetivos y gobernanza

1.1. Objetivo general y marco del proyecto

El objetivo principal del proyecto es colaborar con el desarrollo de un centro de innovación climáticamente inteligente en la región. Esta plataforma tiene como objetivo intercambiar conocimientos sobre salinidad, - aprendiendo conjuntamente -, entre los Países Bajos y Argentina. Además, a nivel internacional, sobre cómo abordar y resolver los problemas de salinización.

El proyecto se centra en soluciones tanto técnicas, tecnológicas como sociales para hacer frente a la optimización, adaptación y transformación de estrategias de adaptación climática, especialmente en relación con la salinidad del suelo y el agua. Las guías y directrices de la FAO serán el punto de partida para trazar la línea de base bilateral a nivel político y técnico, relevante para ambos países.

El proyecto integrado abordará el problema en diferentes niveles:

Bilateralmente, políticas y gobernanza, intercambio de conocimientos y pilotos para probar y adaptar soluciones técnicas in situ con instituciones de conocimiento holandesas y argentinas (WUR, VU, CEFER, America Agroinnova, FAUBA) y asociaciones de productores (AACREA, AAPRESID). Las empresas también desempeñarán un papel importante a la hora de implementar soluciones y tecnologías. Además, podría conducir a la participación del gobierno en diferentes niveles: nacional, provincial o a través de instituciones nacionales de conocimiento como INTA.

A nivel multilateral, el proyecto se alineó con el trabajo de FAO WASAG e INSAS sobre salinización, incluido el Llamado a la acción lanzado en la COP26. FAO Argentina ya ha mostrado su interés en apoyar la iniciativa.

Los equipos técnicos de WUR y VU involucrados en este proyecto han participado en informes & formulación de políticas en proyectos financiados por la UE en la región MENA. Otro punto importante para considerar es la futura ampliación con la participación de multilaterales u IFI's activas en la región.

Este proyecto aplica el modelo de gobernanza basado en el Diamante holandés, buscando alinear y mapear a todas las partes interesadas y sus interacciones con respecto a estos temas, para que sea sostenible a mediano y largo plazo. Además, el proyecto busca contribuir a los logros de los ODS: incluidos los ODS 2, 6, 13, 15 y 17, y a los esfuerzos de la FAO en la región para abordar los problemas de salinización y seguridad alimentaria, fortaleciendo la colaboración internacional con socios clave.

Este es uno de los varios proyectos que la Coordinadora Regional del LVVN y LAN Cono Sur desarrollan dentro del área de trabajo, en pos de contribuir a sostenibilidad y resiliencia de las cadenas de producción. Esta agenda integrada de múltiples proyectos con actores locales clave como AACREA y AAPRESID se focalizan en ejes transversales como la conservación del suelo, la gestión del agua y la conservación de la biodiversidad.

Esta iniciativa pretende ser el trampolín para futuros desarrollos con otros instrumentos y socios, contribuyendo al compromiso colectivo para desarrollar e implementar una campaña global sobre salinización en sistemas agroalimentarios.

1.2. Lineamientos generales para la realización de un proyecto piloto



Se determinó un comienzo con un proyecto piloto de un año de duración para realizar un *engagement* inicial. Se determinó como elementos clave la identificación de un socio principal que articulara la academia y los actores regionales del sector público y privado, incluidas universidades nacionales con alto reconocimiento, un municipio con base económica netamente basada en el sector de agricultura con la existencia de la problemática de salinidad en la producción agropecuaria y empresas de producción agropecuaria con diferente grado de limitación a la producción por salinización/inundaciones recurrentes y con diferente nivel de adopción de prácticas de evitación/mitigación de la salinidad a la producción agropecuaria. Además, el socio principal debería contar con capacidades para desarrollar proyectos de investigación y para la comunicación de resultados en diversos medios nacionales e internacionales, desde de índole científica hasta medios de comunicación generales. En base a los resultados del proyecto piloto, se podría determinar la continuación del proyecto en un mediano plazo expandiendo los alcances a nivel espacial y comunicacional.

1.3. Socio regional

Se identificó como socio principal a América Agroinnova, brazo ejecutorio del área de formación en investigación del Centro de Formación de Emprendedores de Rivadavia (CEFER). CEFER es una organización de naturaleza público-privada ubicado en América, partido de Rivadavia, una localidad en el corazón de la Pampa Occidental de Argentina (Figura 1). América Agroinnova, como parte del CEFER, es administrado por una comisión directiva conformada a partes iguales por actores del sector público municipal y por actores regionales del sector privado, principalmente agricultores. Además, cuenta con un consejo consultivo que audita los proyectos e incluye a agricultores regionales, profesionales agrónomos, académicos y representantes del gobierno local en el sector agropecuario. Su área de influencia más amplia es la Pampa Occidental con más de un millón de hectáreas de cultivos extensivos. La dirección de América Agroinnova está a cargo del Dr. Diego Hernán Rotili, Ingeniero Agrónomo (UBA), Especialista en Agronegocios y Alimentos (UBA), Magíster en Agronegocios (UBA) y Doctor en Ciencias Agropecuarias (UBA). El Dr. Rotili cuenta con amplia experiencia en investigación de carácter académico en sistemas de producción de cultivos extensivos, en docencia a nivel universitario de grado y postgrado (actualmente es Profesor Adjunto en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa) y, con importancia mayor para este proyecto, tiene una profunda actividad de extensión y vinculación entre los sectores académico, público y privado, ya que es el Coordinador Académico de Agricultura de las regiones Oeste Arenoso y Oeste de AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola), y del Grupo Riego del Sudoeste (agrupación de agricultores bajo riego del Sudoeste Pampeano). Esto representa la potencialidad de alcanzar articuladamente actores diversos del sector académico, público y privado de una gran extensión territorial con problemáticas productivas diversas, incluida la salinidad. América Agroinnova estará coordinando los diferentes planes, acciones y proyectos piloto junto con LAN Cono Sur. Se encargó de coordinar el proyecto piloto en el primer año.



Figura 1. Ubicación de la región del Oeste Pampeano en Argentina (izquierda y centro) y ubicación de los actores relevantes y potenciales stakeholders regionales de gran escala (derecha).

1.4. Objetivos particulares del proyecto piloto

(i) Identificar y vincular a nivel territorial y de manera directa *stakeholders* de los Países Bajos y de Argentina, incluyendo la interacción entre investigadores neerlandeses y referentes de Argentina, un mapeo de actores y una gira técnica en territorio en el partido de Rivadavia. Este objetivo incluyó la descripción sociológica de las formas de gobernanza adoptadas por agricultores argentinos para enfrentar la problemática de la salinidad en la producción agropecuaria.

Y dos nuevos objetivos surgidos a partir de la puesta en ejecución del objetivo (i):

(ii) Desarrollar una versión preliminar de un Mapa de Salinidad tomando el partido de Rivadavia como ejemplo, que incluyera la participación de investigadores, agrónomos, actores del sector público municipal y productores agropecuarios.

(iii) Realizar un ensayo a campo en ambientes salino-sódicos para evaluar la potencial adaptabilidad de prácticas de manejo recomendadas a nivel local para diferentes especies estivales de ciclo anual con destino de cosecha.

2. Identificación preliminar de *stakeholders*

A partir de numerosos intercambios virtuales entre América Agroinnova, WUR, VU y Salt Doctors, mediados por la Embajada de Países Bajos en Argentina, sucedidos entre mayo y julio de 2024, se identificaron potenciales *stakeholders* de las partes neerlandesa y argentina involucrados en la temática de la producción agropecuaria bajo influencia salina (Tabla 1).

Tabla 1. Potenciales *stakeholders* identificados como posiblemente involucrados en la problemática de la producción agropecuaria con influencia de salinidad. Se indican entre paréntesis nombres propios de actores involucrados.

The Netherlands	Argentina
WAGENINGEN UNIVERSITY RESEARCH Environmental Science Group (Judit Snethlage & Hanneke Heesmans)	CEFER – AMERICA AGROINNOVA (Dr. Diego Rotili)
VRIJE UNIVERSITET AMSTERDAM Institute for Environmental Studies (Kate Negacz)	AACREA groups Oeste Arenoso Region (11 groups) Oeste Region (20+ groups)
SALT DOCTORS Andrés Parra & Bas Bruning	FAUBA Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires (IFEVA – LART & Agronegocios)
LVVN Regional Coordinator Simkje Kruiderink	AAPRESID (Chacra América)
FAO WASAG	LAN Cono Sur Argentina

2.1. Descripción de *stakeholders*

2.1.1. *Stakeholders* neerlandeses

WUR – WAGENINGEN University & Research – Environmental Research

Wageningen Environmental Research es parte de Wageningen University & Research y brinda experiencia en el campo de los espacios verdes y su uso social sustentable: conocimiento del agua, la naturaleza, la biodiversidad, el clima, el paisaje, los bosques, la ecología, el medio ambiente, el suelo, el paisaje, la tierra y el espacio.

Wageningen Environmental Research realiza investigación estratégica y aplicada para la política, la gestión y el diseño de espacios verdes a escala local, nacional e internacional.

- **Hanneke Heesmans:** “Después de completar mi formación como investigadora de suelos en la Universidad de Wageningen, pasé los primeros cuatro años trabajando en un gran proyecto de investigación que examinaba el impacto del suelo en la calidad del agua en cinco tipos principales de suelos holandeses. Luego pasé a centrarme en el modelado y el seguimiento del carbono del suelo. Este período implicó la participación en proyectos internacionales, que me llevaron a África, América Latina y Asia. Mi enfoque evolucionó hacia una metodología más desde abajo hacia arriba, colaborando directamente con los agricultores y las comunidades locales para abordar las amenazas regionales sobre el suelo, la gestión de nutrientes y la fertilidad general del suelo. El objetivo también era fortalecer estos esfuerzos a través de la



participación de los funcionarios de extensión y el desarrollo de políticas nacionales. A lo largo de la pandemia de COVID-19 y después, seguí trabajando con agricultores holandeses. Un área clave de atención ha sido el problema de la salinización en el suroeste de los Países Bajos, un problema que está siendo monitoreado de cerca por la provincia, debido a su potencial efecto grave sobre el rendimiento de los cultivos locales.”

VU – VRIJE UNIVERSITET AMSTERDAM

El Instituto de Estudios Ambientales (Instituut voor Milieuvraagstukken, IVM) es un instituto de investigación interdisciplinario de la VU de Ámsterdam que se encuentra dentro de la Facultad de Ciencias. El IVM contribuye al desarrollo sostenible y al cuidado del medio ambiente a través de investigación científica y docencia de excelencia. Una característica única del instituto es su capacidad para analizar la complejidad de los sistemas naturales y sociales mediante nuevos enfoques interdisciplinarios. El equipo de salinidad del IVM de la VU se especializa en enfoques socioeconómicos para la agricultura salina.

- Kate - Katarzyna Negacz: “La Dra. Katarzyna (Kate) Negacz es profesora adjunta en el Instituto de Estudios Ambientales (IVM) de la Vrije Universiteit Amsterdam (VU) y trabaja en la gobernanza de los sistemas alimentarios y la biodiversidad. Su investigación se centra en los actores no estatales y subnacionales en la gobernanza global de la biodiversidad y el potencial de las tierras degradadas por la sal para la producción sostenible de alimentos. Coordina el proyecto COST Action SUSTAIN, el proyecto SALAD (Agricultura salina como estrategia de adaptación al cambio climático), el proyecto RVO Salinity in Sub-Saharan Africa y el proyecto TMT CARE en Kenia. La Dra. Negacz es vicepresidenta de la Red Internacional de Suelos Afectados por la Sal de la FAO.”

THE SALT DOCTORS

The Salt Doctors se especializan en crear e implementar sistemas agrícolas resilientes para áreas afectadas por la sal. Lo logran mediante la investigación y la consultoría, brindando capacitación práctica a campo y ayudando con la implementación desde la siembra hasta la cosecha. A menudo actúan como un socio de implementación para lograr una agricultura resiliente al clima y ayudar a los agricultores a adaptarse a los niveles de salinidad en constante aumento. Se centran en un enfoque integrado que brinda pautas prácticas, capacitación y demostración en el campo sobre cómo lidiar con la salinidad y mejorar los rendimientos de los cultivos de manera sostenible.

Foco: (A) Evaluaciones de salinidad y mapeo de oportunidades; (B) Investigación, capacitación (de capacitadores) y desarrollo de capacidades; (C) Desarrollo, demostración e implementación de soluciones escalables en condiciones salinas.

- Andrés Parra: “Andrés Parra es consultor especializado en agricultura salina. Tras finalizar su Máster en Agroecología, ha trabajado en los Países Bajos y España tanto para el sector privado como para el público. Su trabajo se ha centrado constantemente en proyectos que abordan la salinización y la escasez de agua en la agricultura, con especial énfasis en I+D y metodologías innovadoras para ayudar a los agricultores de todo el mundo a gestionar la salinidad durante los últimos 10 años. Actualmente combina su trabajo como consultor para The Salt Doctors (una empresa social holandesa especializada en agricultura salina) con la prestación de servicios técnicos en la explotación familiar, especializada en el cultivo de cítricos en su ciudad natal de Almería, en el sur de España.”



2.1.2. Stakeholders argentinos

La salinización y la sodicidad en el Oeste bonaerense se han intensificado por cambios climáticos y de uso del suelo, elevación de napas y eventos de anegamiento. Así, el Oeste bonaerense cumple con los requisitos del propósito del programa, que es generar evidencia cuantitativa y herramientas operativas para decisiones de manejo, priorización territorial y políticas públicas en torno a la agricultura salina.

AMÉRICA AGROINNOVA

La coordinación general local por América Agroinnova ya mencionada anteriormente, permite conectar fácilmente a los stakeholders neerlandeses con los representantes del sector público local (Municipalidad de Rivadavia) y los agricultores locales. Adicionalmente, los intercambios entre el director de América Agroinnova y los stakeholders neerlandeses permitieron identificar potenciales stakeholders locales, muchos de ellos relacionados de manera directa con América Agroinnova.

AACREA GROUPS OESTE ARENOSO AND OESTE

Los grupos AACREA de las regiones Oeste Arenoso y Oeste están conformados por cerca de 300 empresas privadas de producción agropecuaria extensiva y presentan en mayor o menor medida problemas de salinización de suelos e inundaciones recurrentes. América Agroinnova se encuentra situado en el eje geográfico de ambas regiones y con vinculación directa a través de su director ejecutivo y numerosos miembros de la Comisión Directiva y aportantes directos que son miembros también de AACREA.

FAUBA, LART-IFEVA

El laboratorio LART-IFEVA que forma parte de FAUBA-CONICET, cuyo director es el Dr. Carlos M. Di Bella, con vinculación directa con América Agroinnova, representa un actor clave en la generación de conocimiento científico de altísima calidad aplicado a la producción agropecuaria. Funciona como un representante del sector de la academia con la capacidad técnica de realizar estudios y mapeos de problemáticas ambientales territoriales mediante teledetección.

CHACRA AMÉRICA, AAPRESID

La “Chacra América” de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) sería un potencial stakeholder local relacionado fuertemente a la temática. Radicada en Rivadavia, empresas adheridas a ella apoyan de manera directa a América Agroinnova y su objetivo es contribuir a la mitigación y recuperación de suelos con napas salinas a través de buenas prácticas agronómicas ajustadas a estos ambientes, para mantener y/o mejorar su capacidad productiva, en un marco de gestión integrada. Se identificó como un potencial contacto a acudir mediante la mediación de América Agroinnova, cuyo director ha sido invitado para actuar como disertante en grupos de AAPRESID y el Congreso AAPRESID.

LAN CONO SUR

LAN Cono Sur actuaría como mediador general del proyecto para cumplir intereses de los Países Bajos y acercar los esfuerzos de todos los stakeholders en pos de cumplir con los objetivos generales del proyecto, apoyado en el socio principal.



3. Gira técnica a Rivadavia, Argentina

Se realizó una gira técnica con investigadores de Países Bajos por el partido de Rivadavia, conociendo América Agroinnova, equipos municipales y productores con problemáticas salinas.

Productores y establecimientos visitados:

- Campo Don Federico – productor Alberto Orga
- Campo La María – Pago Viejo S.A.
- Campo Don Remigio – Hijas de Juan Harriet S.A.

Se estableció un vínculo inicial con la Chacra América de AAPRESID para intercambiar aprendizajes sobre salinidad y manejo. Se elaboró un documento de visita con hallazgos y líneas de cooperación.

Articulación con la Embajada de Países Bajos: se discutieron mecanismos de financiamiento (investigación en Argentina, empresas neerlandesas, movilidad de investigadores) y una agenda de trabajo con hitos en territorio.



4. Creación de un Mapa de Salinidad del partido de Rivadavia, Argentina

4.1. Introducción general del sub-proyecto piloto

A partir de la hoja de ruta diseñada luego de la gira técnica en Rivadavia, se reconoció la necesidad de un mapeo a escala regional del nivel de limitación por salinidad para la producción agropecuaria. Se diseñó un proyecto coordinado por América Agroinnova y ejecutado técnicamente por el equipo de investigadores del Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (FAUBA-IFEVA) a través del cual se generó el primer Mapa de Salinidad que clasificó por completo el territorio del partido de Rivadavia en diferentes categorías de limitación por salinidad

El trabajo incluyó el mapeo de la salinidad en el partido de Rivadavia mediante el uso de datos satelitales y visitas de campo. Se identificaron en una recorrida de campo a lo largo de ambientes tipo del partido cinco ambientes de salinidad y se desarrolló un sistema de clasificación que logró una precisión del 80% en la identificación de clases de salinidad, destacando la importancia de validar los datos y la necesidad de un seguimiento más exhaustivo.

4.2. Bases técnicas y ejecución

El equipo del LART-IFEVA abordó la problemática de la salinización en el oeste de Buenos Aires, enfatizando la interacción de factores climáticos y cambios en el uso del suelo. Se utilizaron tres metodologías para estudiar la salinización: mapeo del agua superficial, análisis de imágenes satelitales para detectar cambios en la vegetación y clasificación de áreas salinas. Cabe destacar que, desde un primer momento, se esperaba que la información surgida de este mapa preliminar se utilizase en un futuro para generar mapas más detallados y evaluar el impacto en la vegetación.

El proceso de recolección de datos para determinar la influencia de salinidad en Rivadavia incluyó una visita a campo y el uso de tecnología satelital. Inicialmente se realizaron entrevistas con actores de la producción (director de América Agroinnova, asesores agrónomos y productores agropecuarios durante la visita detallada en el capítulo 3 anteriormente) para determinar categorías esperadas de salinidad de suelos. En base al conocimiento adquirido en las visitas a empresas de producción se determinaron categorías de salinidad en base a posición en el paisaje, cobertura vegetal, especies vegetales presentes y aspecto general del crecimiento de cultivos extensivos de grano implantados. Se realizó un relevamiento a campo a cargo del director de América Agroinnova y del director del LART-IFEVA en el que se identificaron espacialmente las coberturas de suelo en diferentes sitios aleatoriamente determinados en el partido de Rivadavia, en las cercanías a la ciudad de América. Se identificaron cinco ambientes de salinidad en 50 puntos del terreno de 5 transectas salinas, relevadas con GPS (Figura 2).



Figura 2. Sitios de muestreo a campo de superficies de diferentes categorías de salinidad en el partido de Rivadavia. Se muestra la salida de una aplicación móvil con un Sistema de Información Geográfica incluido. Cada símbolo rojo muestra un sitio real de muestreo en territorio.

Luego de la obtención de los sitios de muestreo in-situ, se recurrió a una técnica experta en interpretación visual de imágenes, con el fin de asignar un mayor número de sitios a las categorías definidas anteriormente, con un entrenamiento previo a partir de las imágenes obtenidas de los sitios de muestreo reales. Así, se asignaron categorías a 334 puntos en 72 transectas cubriendo todo el partido de Rivadavia (Figura 3). En cada transecta, se identificaron las coberturas correspondientes a cada categoría de salinidad (Figura 4).

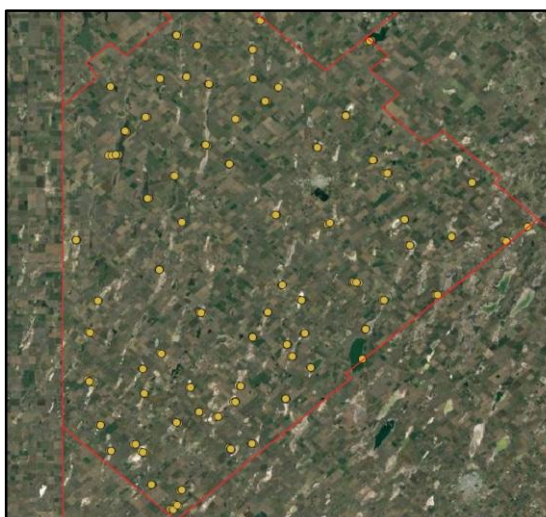


Figura 3. Puntos de muestreo asignados a categorías de salinidad por medio de la interpretación visual de imágenes experta con un entrenamiento previo mediante sitios de muestreo in-situ. Cada punto amarillo representa un sitio real asignado a una categoría de salinidad. La línea roja muestra los límites del partido de Rivadavia.

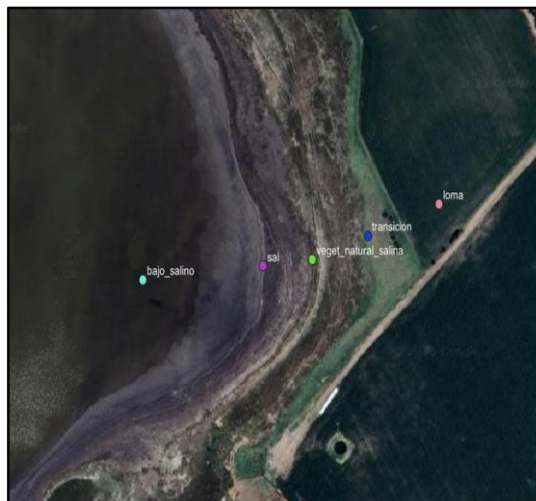


Figura 4. Ejemplo de una transecta en el partido de Rivadavia en la cual la experta en interpretación visual de imágenes asignó categorías de salinidad diferentes a cada sitio dentro de la transecta. La asignación de categorías dependió de las categorías previamente definidas según relevamiento realizado con anterioridad.

Luego de la determinación de categorías de salinidad se utilizó un sistema de información geográfica para analizar la relación entre la vegetación y el agua. Se incluyó información de bandas espectrales a través del tiempo, de índices espectrales e información complementaria. Los resultados preliminares mostraron diferencias significativas en los niveles de anegamiento entre los distintos ambientes, así como también diferencias significativas (aunque de diferente magnitud) para las más de 100 variables (valores de bandas, índices espectrales e información complementaria) puestas a prueba.

A partir de las variables de discriminación máxima (i.e. máxima diferencia entre dos valores promedio muy diferentes) y mínima (i.e. mínima diferencia entre dos valores promedio diferentes), se explicó el funcionamiento de una plataforma que cargó los datos de 334 lugares relevados para entrenar un sistema de clasificación de salinidad. Utilizando un modelo de entrenamiento supervisado, con un 70% de la base de datos utilizadas para entrenamiento y el 30% restante utilizada para validación, se generó y puso a prueba un algoritmo de clasificación desarrollado por técnicas de machine learning a partir de valores de bandas espectrales e índices sintéticos. Se alcanzó una precisión del 80% en la identificación de clases o categorías, destacando errores comunes en las transiciones entre clases. Se incluyó una matriz de confusión (validación) que mostró los aciertos y errores del sistema (Tabla 2).

Tabla 2. Matriz de confusión de la asignación de categorías según tipo de cobertura en el partido de Rivadavia. En el eje de la izquierda se observan los datos reales (“de campo”) y en el eje superior los datos de clasificación (“simulados”). Se observa una precisión general del 80% y un máximo de errores en el caso de la vegetación natural asumida como tal y encontrada luego como “Loma”, “Sal” o “Transición”.

Precisión General: 80%

		Clasificación				
		Bajo salino	Loma	Sal	Transición	Veg. Nat
Campo	Bajo salino	9	0	2	0	0
	Loma	0	17	0	4	1
	Sal	0	0	17	0	2
	Transición	0	1	0	14	6
	Veg. Nat	0	0	2	0	14

Los resultados del primer Mapa de Salinidad (preliminar) se presentaron de manera pública y en formato online en el mes de abril de 2025 e indicaron que el 7,48% del partido tiene una fuerte influencia salina restrictiva para la producción agropecuaria, que el 25% del partido está en zonas de transición salina y que se identificaron 9720 hectáreas de agua en superficie (Figura 5; Tablas 3 y 4). En el intercambio se enfatizó la relevancia de estas áreas para la agricultura y sugirió que se requiere una validación adicional de los datos. También se mencionó la posibilidad de ajustar la clasificación de caminos y áreas pequeñas en futuras revisiones, así como también aquellos sitios en los cuales los agricultores locales indiquen incongruencias percibidas en la clasificación.

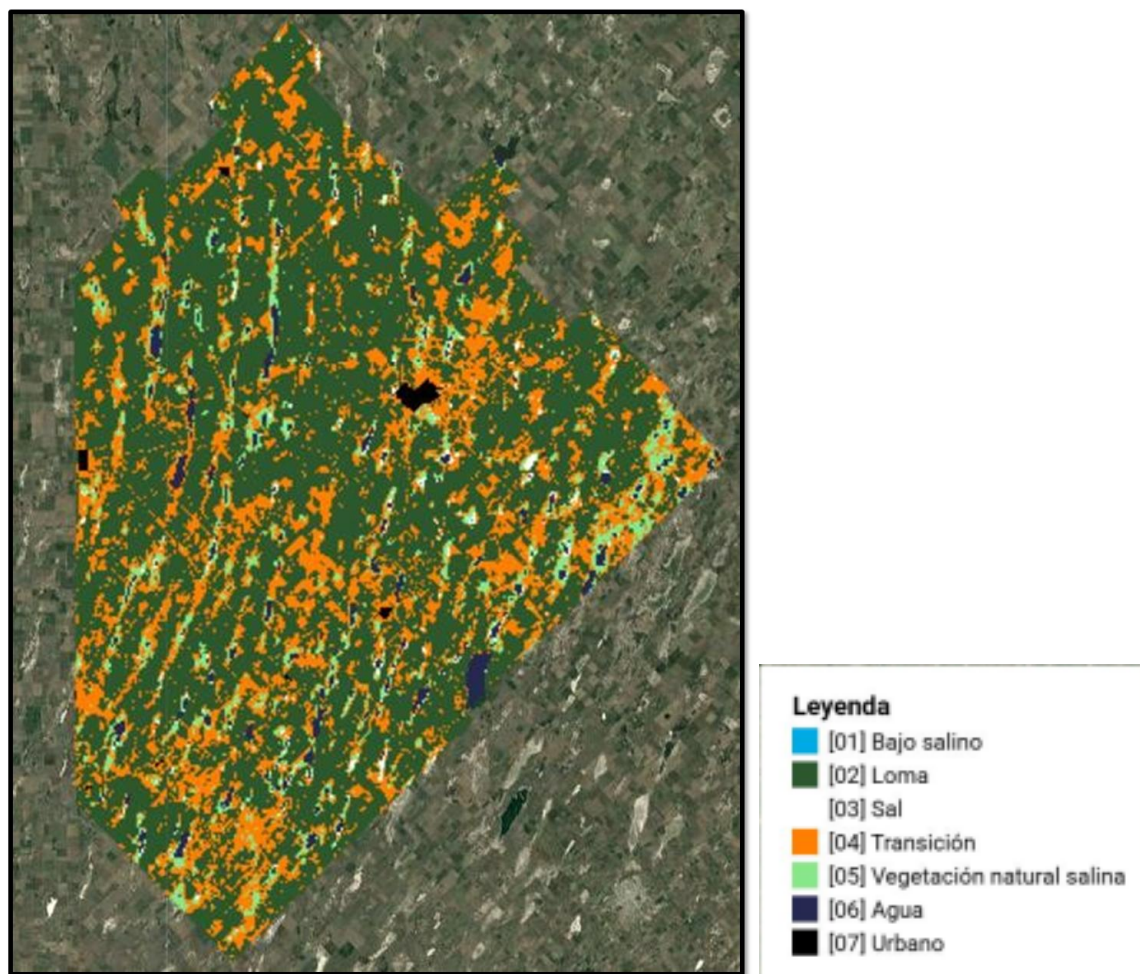


Figura 5. Mapa de Salinidad preliminar del partido de Rivadavia generado en el marco del proyecto de Agricultura inteligente en ambientes salinos – Argentina. La precisión general en la asignación de categorías (ver Leyenda) fue del 80%.

Tabla 3. Clases de cobertura del suelo del Primer Mapa de Salinidad del partido de Rivadavia presentado en la Figura 5.

Nº	Clase (Octubre 2024-Marzo 2025)	Superficie (ha)	Proporción (%)
1	Agua	9720	2,44%
2	Bajo salino con agua	77	0,02%
3	Sal	3976	1,00%
4	Vegetación natural salina	25738	6,46%
5	Transición salina en producción	100576	25,24%
6	Loma (no salino)	256876	64,46%
7	Urbano	1517	0,38%
Total		398480	

Tabla 4. Agrupamiento de clases de la Tabla 3 según clasificación productiva.

Clases	Clasificación productiva (superficie y proporción)
1	Cuerpos de agua permanentes no agropecuarios (9720 ha; 2,44%)
2,3,4	Fuerte influencia salina restrictiva para la producción agropecuaria (29791 ha; 7,48%)
5	Influencia salina variada limitante para la producción agropecuaria (100576 ha; 25,24%)
6	Producción agropecuaria sin influencia salina (256876 ha; 64,46%)
7	Urbano no agropecuario (1517 ha; 0,38%)

4.3. Futuros pasos

Durante la discusión posterior a la presentación pública online del sub-proyecto del Mapa de Salinidad, investigadores invitados de posibles stakeholders (Chacra América de AAPRESID, grupos de Regiones CREA, la Sociedad Rural de Rivadavia) se enfatizó la relevancia de superponer datos de salinidad con los de riesgo hídrico (i.e. de inundación). Se sugirió enfáticamente que los aprendizajes de la Chacra América AAPRESID podrían ser aplicables a la región en general. Se acordó la importancia de la colaboración entre equipos para mejorar los modelos predictivos y se planteó la necesidad de integrar conocimientos ecológicos para abordar la problemática de manera más profunda.

Por su parte, otros stakeholders regionales en conjunto valoraron manifiestamente el progreso realizado. A nivel general, se planteó la necesidad de validar ex-post los resultados del Mapa de Salinidad en sitios satélite provenientes de aportantes a América Agroinnova con interés en la problemática. La metodología consistiría en recopilar sectores que presenten algún inconveniente (ya sea manifiesto por grandes cambios de categoría o a partir de la exploración del resultado de clasificación), aduciendo cambios en el sistema de producción general que puedan llevar hacia una primera revisión del Mapa de Salinidad.

Se propone profundizar el desarrollo del proyecto de Mapa de Salinidad, mejorando el mapa generado a partir de una contra-validación en territorio con la realización de un muestreo de suelo semi-dirigido a gran escala, enfocado en los sitios declarados por los actores locales como conflictivos en términos de su clasificación en categorías de riesgo salino. Esta metodología requeriría de contactar numerosas empresas agropecuarias regionales a través de América Agroinnova y consultar su acuerdo con



la categoría asignada en el Mapa de Salinidad. Luego, se realizarían a la par dos tipos de muestreo alternativos en las zonas declaradas como en conflicto con las categorías asignadas en el mapa: (i) un inventario de la vegetación, observando si existen o no en el lugar especies halomórficas que sugieran algún grado de salinidad; y (ii) muestreos de suelo con posterior análisis de laboratorio para determinar efectivamente el grado de salinidad y sodicidad. Esto permitiría detectar falsos negativos ex-post. Se propone también realizar el mismo tipo de relevamiento en sitios considerados por los productores agropecuarios como adecuadamente categorizados para realizar una contra-validación y determinar falsos positivos ex-post. Además, se propone agregar categorías a la clasificación tales como rutas o caminos rurales, que deberían provenir de una capa de información complementaria adicional

Adicionalmente, se propone aprovechar el avance en el desarrollo del sub-proyecto del Mapa de Salinidad para evaluar prototipos de tecnologías de medición de salinidad en suelos in-situ complementarias a la teledetección que abaratarían el costo de medición y agilizarían los tiempos para la contra-validación. Se propone contactar empresas argentinas y neerlandesas que ofrezcan desarrollos agtech relacionados a la temática. Luego de la presentación del Mapa de Salinidad, productores agropecuarios que apoyan América Agroinnova manifestaron el interés expuesto por la división AgTech de AACREA para que América Agroinnova funcione como un sitio experimental satélite de las tecnologías puestas a prueba en el programa CREA AgTech, que potencialmente incluiría hardware y software desarrollado para la medición precisa, ágil y barata de las propiedades del suelo necesarias para generar una mayor cantidad de puntos para calibración y contra-validación de la segunda etapa del Mapa de Salinidad.

Finalmente, se propone expandir el Mapa de Salinidad a otros partidos de la Región Pampeana o a los Países Bajos en base al algoritmo mejorado para la clasificación del territorio en categorías de riesgo salino en función de lo desarrollado en el partido de Rivadavia como prototipo. Esto representaría una oportunidad para visibilizar los resultados del proyecto y capturar potenciales interacciones entre stakeholders neerlandeses y argentinos no considerados inicialmente en el proyecto. Sería una manera sencilla y basada en ciencia de escalar el proyecto desde el nivel regional al nacional o internacional. Se propone que América Agroinnova coordine el vínculo con otros municipios interesados y que LART-IFEVA esté a cargo de la ejecución, una vez finalizada la segunda versión del Mapa de Salinidad con la mejora del algoritmo de clasificación.



5. Ensayo a campo en ambiente salino-sódico

5.1. Introducción general del sub-proyecto piloto

Como otro resultado surgido a partir de la hoja de ruta diseñada luego de la gira técnica en Rivadavia, se definió con la colaboración de The Salt Doctors un prototipo de ensayo experimental a campo en un ambiente salino-sódico. Se evaluó la adaptación local de varias especies cultivadas a suelos salino-sódicos bajo prácticas de manejo recomendadas localmente para mitigar los efectos de la salinidad, con resultados iniciales demostrativos de los desafíos de la producción agrícola extensiva en suelos salinos e indicios de las reducidas especies adaptadas a suelos con esta problemática.

5.2. Objetivos

El objetivo general del proyecto fue evaluar la respuesta de la densidad lograda de plantas, la biomasa total generada y el rendimiento en grano de diferentes especies anuales cultivadas de ciclo estival con destino a la producción de granos en una transición de ambientes con diferente grado de salinidad-sodicidad en las cercanías a América, Buenos Aires, Argentina.

Los objetivos particulares del proyecto fueron:

- (i) Estimar la respuesta de la densidad lograda, la cobertura verde estimada, la biomasa total y el rendimiento en grano (si se hubiese generado) a niveles crecientes de salinidad o sodicidad edáfica para diferentes cultivos de verano.
- (ii) Evaluar si el manejo del planteo de siembra (con semilla tapada o a surco abierto sin tapar la semilla) condiciona los valores de las variables planteadas en el objetivo (i).

5.3. Características del sitio, diseño y manejo

El experimento se llevó a cabo en un campo satélite de América Agroinnova, perteneciente a un productor agropecuario que colabora activamente con el CEFER. El sitio presentaba una transecta topográfica desde una loma poco salina hasta un bajo fuertemente salino, siempre considerando la apreciación visual de las especies presentes en el lote durante inicios de la primavera (nombres comunes frecuentes a través de la transecta loma-medialoma-bajo: gramón-rama negra-salicornia-pelo de chancho).

El ensayo comprendió un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones (bloques). Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de cultivo a sembrar (soja –DM46i20-, maíz -ADV 8063 TRE-, girasol -ADV 5407 CL-, sorgo -ADV G2550IGAX-, trigo sarraceno –Mancan- y quinoa –variedad sin origen reconocido-) y manejo del planteo de siembra (a surco cerrado o a surco abierto), dando por total 12 tratamientos de cultivo x manejo de siembra. Cada parcela comprendió 4 u 8 surcos de sembradora de ancho (dependiendo de la especie) por aproximadamente 10 m de largo o aquel suficiente como para abarcar un sector relativamente homogéneo en términos de salinidad o sodicidad edáfica dentro de la transecta topográfica desde el mínimo hasta el máximo gradiente ambiental de limitación por salinidad posible. Los bloques se ubicaron a lo ancho del ensayo. Se reconocieron cinco zonas tipo de salinidad creciente, dentro de un gradiente de salinidad o sodicidad creciente que también se cuantificó de manera gradual. Las zonas tipo se identificaron a muestreo final con muestreos de suelo y posterior análisis de laboratorio. El resultado de la combinación de especie, sistema de siembra, zona tipo y bloque fue la siembra de un total de 180 parcelas (de las cuales un número extremadamente reducido alcanzó el final del ensayo). El detalle esquematizado del diseño experimental se presenta en la Figura 6.

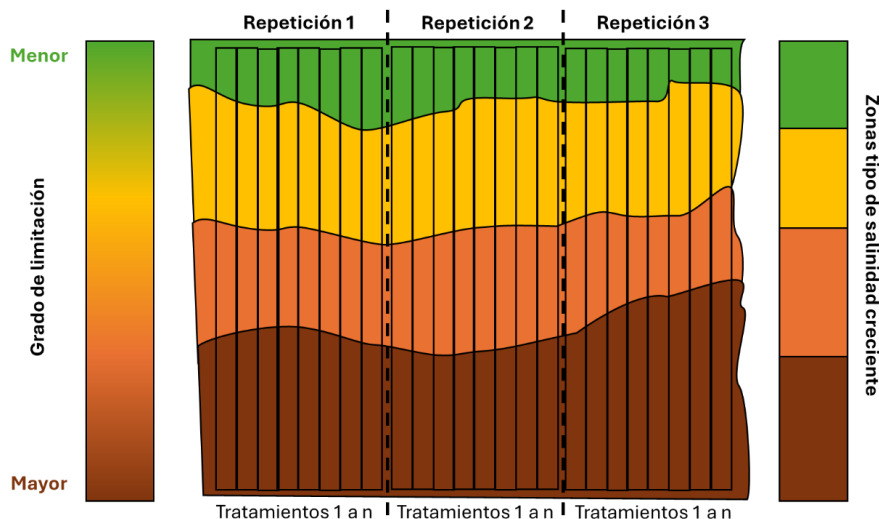


Figura 6. Detalle esquematizado del diseño experimental con un gradiente ambiental de limitación (salinidad-sodicidad) y diferentes zonas tipo.

Se realizó una aplicación de herbicidas 10 días previo a la siembra del ensayo, siguiendo las prácticas frecuentes locales, que incluyó la aplicación de 2 l/ha de glifosato y 2 l/ha de glufosinato de amonio. La siembra se realizó el 17 de diciembre de 2024 con sembradora experimental de 4 surcos a 0,70 m y en algunos casos (soja, trigo sarraceno, quinoa) la distancia entre surcos fue de 0,35 m con pasadas entremezcladas de la sembradora (Figura 7). Las densidades de siembra fueron: Maíz 50000 sem/ha, Sorgo 200000 sem/ha, Girasol 55000 sem/ha, Soja 330000 sem/ha, Trigo sarraceno 50 kg/ha, Quinoa 10 kg/ha. La fertilización se realizó a la siembra aplicando 40 kg/ha de fosfato monoamónico (11-52-0) en el surco de siembra.



Figura 7. Determinación de la densidad de siembra del experimento a campo en ambientes con limitación salina (izquierda) y detalle de la siembra de soja a “surco abierto” (derecha).

5.4. Resultados - condiciones meteorológicas y evolución general del experimento

La noche del día de la siembra ocurrieron precipitaciones de 20 mm, lo que permitió un logro adecuado de los cultivos de sorgo, girasol, maíz y trigo sarraceno, con menor densidad lograda de soja y con la particularidad de que las semillas de quinoa no germinaron (Figura 8).



Figura 8. Aspecto de los cultivos sembrados en ambientes con alta salinidad-sodicidad dos semanas luego de la siembra. A: sorgo, B: trigo sarraceno, C: girasol, D: quinoa.

No obstante, durante los siguientes cuarenta días no ocurrieron precipitaciones, sumado a la ocurrencia de más de 10 episodios de estrés térmico (temperaturas máximas diarias superiores a los 35 °C). En consecuencia y en combinación con la salinidad y sodicidad edáficas, se observaron comportamientos típicos de cultivos estresados en competencia con malezas adaptadas localmente a las condiciones edafoclimáticas restrictivas. Los cultivos de soja, maíz y trigo sarraceno que habían logrado emerger tuvieron grandes problemas para establecerse y continuar su crecimiento pasada las etapas iniciales en las cuales consumieron las reservas de energía presentes en la semilla (Figura 9).

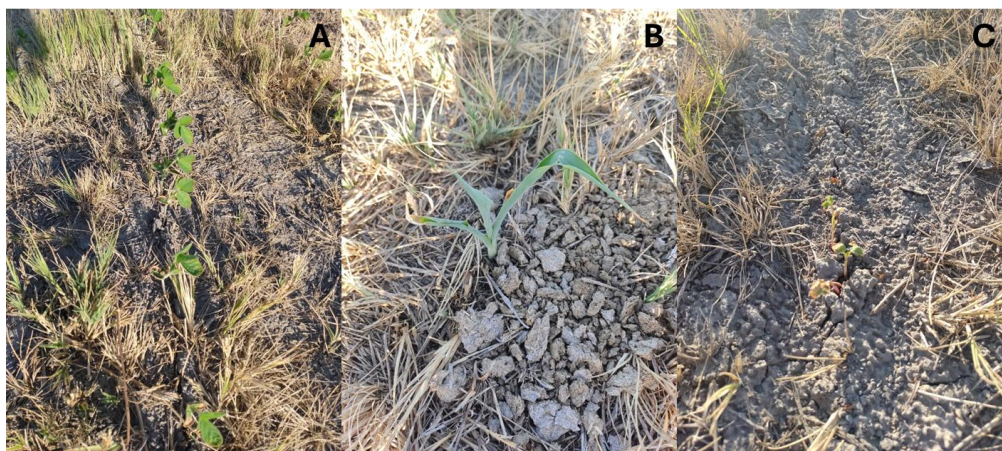


Figura 9. Aspecto de los cultivos sembrados en ambientes con alta salinidad-sodicidad luego de pasada la etapa inicial de crecimiento a partir de las reservas en la semilla. Se observan síntomas de estrés en las plantas y pérdida de individuos. A: soja, B: maíz, C: trigo sarraceno.

Avanzado el ciclo de los cultivos, los únicos en sobrevivir fueron el girasol, únicamente en algunos sectores particulares del ensayo, y el sorgo, con síntomas significativos de estrés (acartuchamiento de hojas, amarillamiento generalizado, senescencia anticipada, crecimiento reducido), pero logrando sobrevivir en una gran cantidad de sectores de la transición salina (Figura 10).

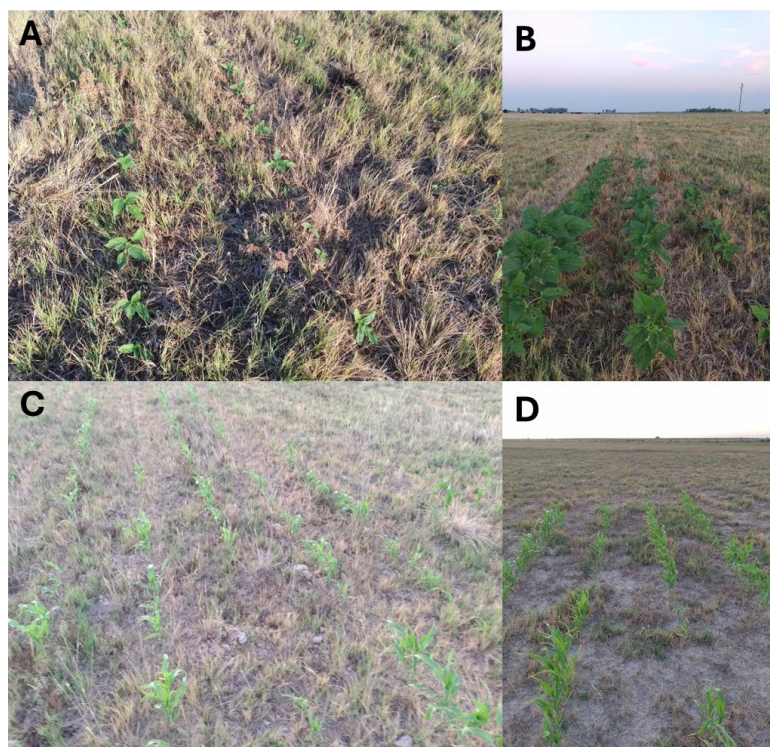


Figura 10. Aspecto de los cultivos de girasol (A y B) y sorgo (C y D) creciendo en ambientes con alta salinidad-sodicidad en etapas vegetativas intermedias del ciclo. Se observa heterogeneidad de tamaños entre individuos y parches sin plantas.

Finalmente, luego del progreso de la campaña y con abundantes precipitaciones durante febrero y marzo (más de 300 mm sumados entre ambos meses), el único cultivo en llegar a ser muestreado a fines del mes de abril fue el sorgo, con algunos parches de girasol distribuidos en todo el ensayo, pero sin un stand de plantas continuo suficiente para ser considerado un cultivo cosechable (Figura 11). Se muestrearon las plantas en 10 m lineales de los surcos centrales de cada parcela en 5 zonas de diferente nivel de limitación por textura (% arena), salinidad (conductividad eléctrica) y sodicidad (pH), de las cuales también se obtuvieron muestras de suelo (0-20 cm) (Tabla 5). Los ambientes mostraron valores de conductividad eléctrica diferenciales, pasando desde aquellos con limitación baja por salinidad (zonas 5 y 3), a aquellas con limitación moderada (zonas 4 y 2) y el bajo salino con una limitación elevada para el crecimiento de los cultivos (zona 5). No obstante, los datos del muestreo de suelos evidenciaron una altísima limitación al crecimiento de los cultivos por alcalinidad-sodicidad, con valores de pH considerablemente altos a través de todos los ambientes de muestreo (siempre mayores a 9). La densidad lograda de sorgo fue considerablemente menor a la sembrada en todas las zonas, pasando desde aproximadamente un 40% (zona 3), a cerca de un 25% (zonas 2 y 4), menos de un 20% (zona 5) y prácticamente quedando plantas aisladas en la zona 1. La densidad lograda se asoció fuertemente con la biomasa total húmeda cosechada ($R^2 = 0,97$), que sin embargo fue en general de valores bajos, relacionado a los síntomas de estrés severo observados en las plantas al momento del muestreo (Figura 12). Cabe destacar que ninguna de las plantas de sorgo muestreadas en los cultivos presentó granos cosechables, es decir, el rendimiento en grano en todos los casos fue cero.

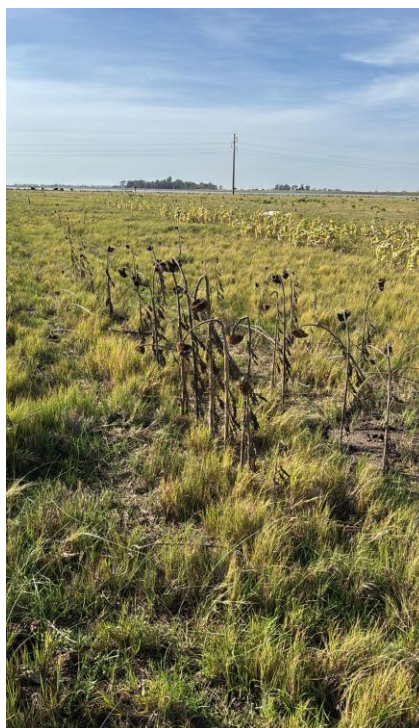


Figura 11. Estado del girasol a lo largo de la transecta topográfica con ambientes limitados por salinidad-sodicidad. Se observa en primer plano un parche con presencia de plantas de girasol y una muy baja población del cultivo a lo largo de la transecta topográfica. En segundo plano se observa el cultivo de sorgo con mayor logro de plantas a lo largo de toda la transecta.

Tabla 5. Características de las zonas de muestreo del cultivo de sorgo en una transecta topográfica en un ambiente salino-sódico. Para cada zona, relacionada con una posición en el paisaje, se detallan las características edáficas (% de arena, conductividad eléctrica y pH de 0 a 20 cm de profundidad) y del cultivo muestreado a fines de abril (biomasa total y densidad cosechada).

Zona	Posición en el paisaje	Arena (%)	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	pH (pH)	Biomasa Total Húmeda (g m ⁻²)	Densidad (pl m ⁻²)
5	Loma	68.8	0.44	9.9	199	3.8
4	Medialoma alta	62.1	0.60	10.1	206	4.9
3	Medialoma	57.2	0.47	10.0	458	9.3
2	Medialoma baja	61.3	0.89	10.0	290	5.1
1	Bajo	48.6	2.46	9.4	3.5	0.1

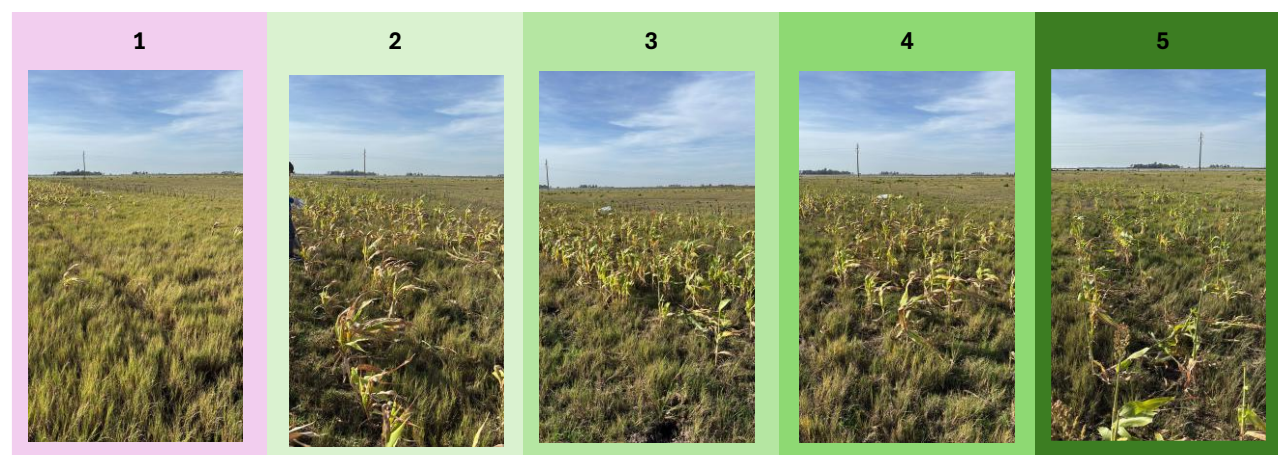


Figura 12. Aspecto del cultivo de sorgo al momento de la cosecha final (fines de abril) en las diferentes zonas de muestreo a lo largo de la transecta topográfica en ambientes con limitaciones salino-sódicas (referenciadas en la Tabla 5).

5.5. Interpretación técnica y conclusiones

La implantación de los cultivos fue el cuello de botella bajo sodicidad + déficit hídrico temprano. Los máximos de logro de plantas y de biomasa se concentraron en zonas intermedias del gradiente, con caída marcada en los sectores más restrictivos y reducción hacia los más bajos, coherente con limitaciones físico-químicas (sodicidad, dispersión de coloides en el suelo) e hídricas. Los cultivos con surco abierto tuvieron mejor implantación que aquellos sembrados con surco tapado, pero la combinación de restricciones edafoclimáticas y limitaciones adaptativas de cada especie determinó que los únicos cultivos sobrevivientes fueran el girasol y el sorgo. Este último sería el cultivo con mayor capacidad de adaptación a las condiciones de salinidad del partido de Rivadavia.



Luego de la comunicación de los resultados del proyecto a productores agropecuarios locales participantes de América Agroinnova, se llegó a la conclusión de que sería deseable expandir el desarrollo experimental a una mayor cantidad de sitios, con transectas topográficas como las evaluadas, pero que incluyan menores limitaciones por sodicidad y una variada limitación por alcalinidad. Asimismo, los productores agropecuarios y agrónomos locales sugirieron continuar las pruebas con un número reducido de especies (por ejemplo, sorgo y girasol) pero una mayor cantidad de prácticas de manejo evaluadas por especie (densidad, fertilización, profundidad de siembra). Las propuestas incluyeron realizar los ensayos en aquellas zonas reconocidas a través del Mapa de Salinidad como de transición salina o de vegetación natural salina (ver secciones anteriores del documento), así como también generar un contacto directo con la Chacra América de AAPRESID para trabajar en conjunto a través de un plan experimental de mediano plazo que permitiera expandir la cantidad de stakeholders involucrados y sinergizar los conocimientos de las diferentes partes.



6. Conclusiones generales del primer año del proyecto

El primer año del proyecto piloto permitió sentar bases sólidas para el desarrollo de un hub de innovación en agricultura inteligente en ambientes salinos en Argentina, articulando exitosamente a actores de los sectores académico, productivo y gubernamental tanto de los Países Bajos como de Argentina. La vinculación entre stakeholders de ambas partes fue efectiva, estableciendo relaciones de confianza y una agenda de trabajo conjunta para los próximos años. La coordinación general del proyecto partió del trabajo de una organización disruptiva en el sector agropecuario, de tipo público-privado, que es América Agroinnova.

Se exploraron y documentaron formas de gobernanza local empleadas por los productores y el municipio de Rivadavia para abordar la problemática de la salinidad en un contexto en el que la limitación no es total, pero sí relevante en determinados ambientes. Este análisis permitió identificar un entramado institucional y productivo con potencial para actuar como plataforma de lanzamiento de un hub regional enfocado en la adaptación y mitigación de los efectos adversos de la salinidad, aprovechando sinergias entre academia, gobierno local y empresas agropecuarias.

En el plano técnico, se lograron avances significativos. El desarrollo del primer Mapa de Salinidad del partido de Rivadavia aportó una base geoespacial preliminar, con una precisión general del 80%, que constituye una herramienta de planificación territorial y de priorización de intervenciones. Paralelamente, el ensayo a campo en ambiente salino-sódico aportó evidencias claras sobre las limitaciones que impone la sodicidad y el déficit hídrico temprano a la implantación y el desarrollo de cultivos, destacando al sorgo como la especie con mayor capacidad de adaptación entre las evaluadas.

Los resultados obtenidos validan la pertinencia de continuar y ampliar el proyecto, profundizando la caracterización y el mapeo de ambientes salinos, incorporando tecnologías de medición in situ, expandiendo las experiencias a nuevos sitios y fortaleciendo la red de colaboración internacional y local. Asimismo, el conocimiento generado en este primer año constituye un insumo clave para diseñar estrategias de manejo y políticas públicas que promuevan la resiliencia productiva en ambientes con limitaciones por salinidad.