



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN

**EXPERIENCIA LABORAL: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA
DE MANEJO EN SUELOS AFECTADOS POR SALES**

Sebastián Andrés Robein

Tutor: Dr. (Ing. Agr.) Fernando López

Consejeros: Mg. (Ing. Agr.) Gabriela Minoldo

Dr. (Ing. Agr.) Pablo Zalba

Asesor externo: Ing. Agr. Ignacio Salas

BAHIA BLANCA

ARGENTINA

2023

Agradecimientos

Al Dr. Ing. Agr. Fernando López, por su gran predisposición, enseñanzas, amistad, compañerismo y por brindarme la libertad y confianza para realizar cada tarea de este trabajo.

Al Ing. Agr. Ignacio Salas por acercarse a la institución para generar ésta oportunidad de trabajo final, por su confianza, amistad y predisposición.

A mi familia, por el continuo apoyo durante el transcurso de mis estudios.

A mis amigos, por los años de amistad y momentos compartidos.

A Ignacio “Nacho” Guesalaga, Carlos Omar “Carli” Meier y Juan Manuel Raposo, por transformarse en tres grandes amistades que dejó mi paso por la Universidad.

Al Dr. Ing. Agr. Oscar Bravo por su colaboración desinteresada en éste trabajo y contagiarme su pasión por los suelos.

Al Dr. Ing. Agr. Pablo Zalba y la Mg. Ing. Agr. Gabriela Minoldo por ser mis consejeros en este trabajo, por su aporte y colaboración en la interpretación de los resultados.

A la Universidad Nacional del Sur por permitirme estudiar y crecer como estudiante y persona.

Al Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional el Sur por brindarme los medios para desarrollar mis estudios de grado.

Al Centro de Estudiantes de Agronomía por hacer tan grato cada momento compartido con mis compañeros a lo largo de éstos años.

Índice

Agradecimientos.....	ii
Índice.....	iii
Resumen.....	iv
Introducción.....	1
Problemática de Salinidad.....	1
Origen y Fundamento de esta experiencia.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Objetivos personales.....	5
Metodología de Trabajo.....	6
Descripción general.....	6
Toma de muestras, criterios y análisis realizados.....	6
Trabajo en laboratorio.....	9
Medición de CE.....	10
Medición de pH.....	11
Criterios para el diagnóstico de la fertilidad.....	12
Predios deportivos.....	12
Cancha Amarilla.....	14
Cancha Borlenghi.....	16
Club Caza y Pesca de Médanos.....	16
Establecimiento “La Mancha Verde”: producción extensiva.....	18
Resultados y Discusión.....	21
Predio deportivo Asociación Empleados de Comercio (AEC).....	21
Cancha amarilla.....	21
Cancha Borlenghi.....	22
Club Caza y Pesca Huracán de Médanos.....	24
Establecimiento “La Mancha Verde”.....	26
Conclusión y consideraciones finales.....	31
Bibliografía.....	32

Resumen

La salinidad del suelo, resultado del uso de aguas de mala calidad y de prácticas agrícolas inadecuadas, afecta más de 833 millones de hectáreas a nivel mundial (20% de los suelos bajo riego) y crece todos los años. Este problema no solo amenaza suelos agrícolas, sino que también se extiende a campos deportivos y recreativos, siendo un problema de muy difícil solución. Este trabajo final de carrera, enmarcado como experiencia laboral, surge a partir de la observación de problemas en campos agrícolas y deportivos llevado a cabo por el Ing. Agr. Ignacio Salas, en la región de Bahía Blanca. El objetivo fue realizar un diagnóstico y una propuesta de manejo para mejorar la gestión de suelos y aguas en estas situaciones. La experiencia se realizó entre junio y octubre de 2022. Se llevaron a cabo análisis y evaluaciones en campos deportivos en la localidad de Bahía Blanca y Médanos (partido de Villarino) y en el establecimiento "La Mancha Verde" de Bahía Blanca. El procedimiento incluyó la observación visual, el análisis de imágenes satelitales mediante NDVI y la toma de muestras de suelo y fuentes de agua, siguiendo un criterio uniforme de muestreo hasta los 2 metros de profundidad. En el laboratorio se analizó Conductividad Eléctrica (CE) y pH para evaluar potenciales problemas de salinidad/sodicidad/alcalinidad en el suelo. Además, en algunos casos se evaluó el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). En todas las situaciones se observaron problemas de salinidad y/o sodicidad del suelo debido a cuestiones de manejo del suelo o el empleo de agua de baja calidad con un manejo inapropiado. Este trabajo dejó expuesta la importancia de una adecuada evaluación de la fertilidad del suelo y el análisis de calidad del agua en suelos del sudoeste bonaerense bajo riego o situados en posiciones bajas.

Introducción

Problemática de Salinidad

Los problemas de salinidad del suelo son una preocupación global y afectan a muchas regiones del mundo. La salinidad en el suelo se refiere a la acumulación de sales solubles, lo que puede tener efectos negativos en la calidad del suelo y la productividad agrícola. Las prácticas agrícolas insostenibles y la sobreexplotación de los recursos naturales, así como el crecimiento demográfico, están provocando un aumento de la presión sobre los suelos y niveles alarmantes de degradación a nivel mundial (FAO, 2021).

El aumento de la salinidad de los suelos mayormente ha sido asociado a climas áridos y semiáridos, debido a la incorporación de sales con el agua de riego. El uso de aguas de mala calidad es una de las causas antropogénicas más importantes de pérdida de productividad de los suelos. La salinidad puede generar graves consecuencias para la agricultura, ya que puede dañar las plantas al dificultar la absorción de agua y nutrientes y afectar también al suelo. Para abordar los problemas de salinidad, se han implementado diversas estrategias, como la mejora de las prácticas de gestión del agua, la reforestación, la selección de cultivos resistentes (tolerantes) a la salinidad y la implementación de sistemas de drenaje adecuados (FAO, 2021).

Más de 833 millones de hectáreas en todo el mundo están afectados por la salinidad de los suelos, lo que supone un importante riesgo para la seguridad alimentaria mundial. Algunas de las regiones más afectadas se encuentran en Asia central, Oriente Medio, América del Sur, África del Norte y el Pacífico (FAO, 2021). Aproximadamente 10 millones de hectáreas al año tienen el riego como responsable de este problema (Thomas y Middleton, 1993).

Lo anteriormente expuesto, pone de manifiesto la importancia del problema de la salinización de los suelos en el mundo y en la Argentina en particular

(Figura 1) y su impacto negativo en cuestiones productivas, sociales y ambientales.

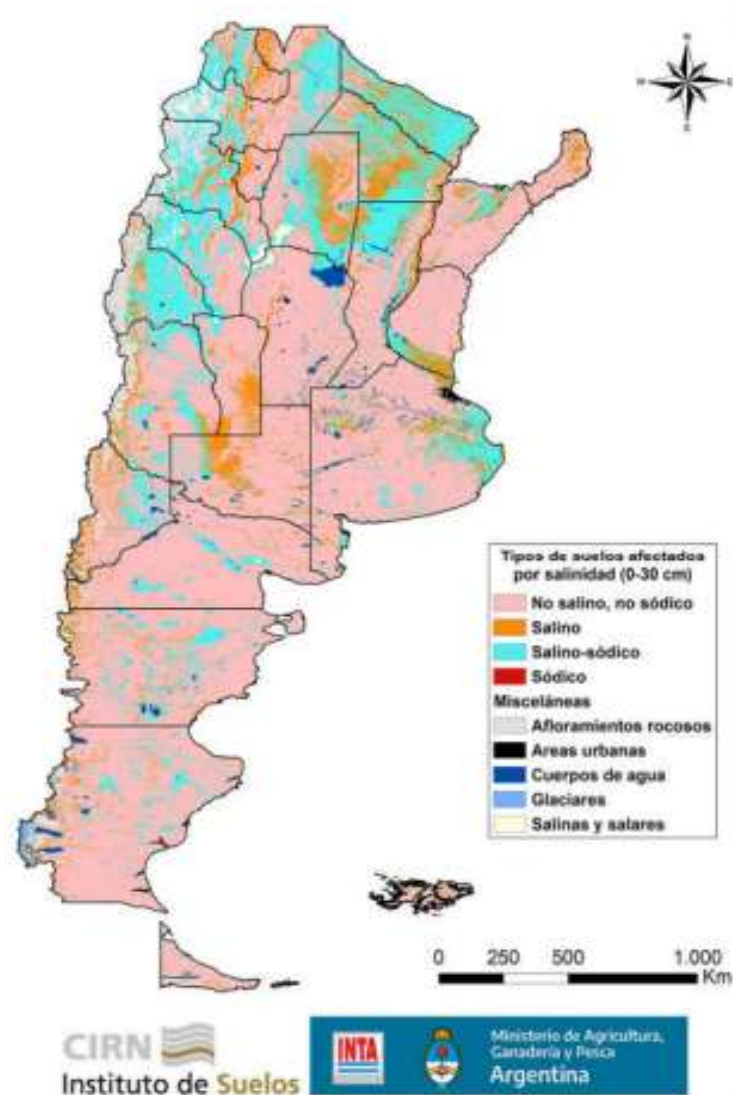


Figura 1. Mapa de suelos afectados por sales en 0-30 cm de profundidad en Argentina (Fuente: INTA, 2019)

Particularmente, en la región del sudoeste bonaerense, la utilización de aguas de riego de mala calidad ha aumentado la incidencia de problemas de suelos afectados por sales en campos deportivos. Esto ha cobrado gran relevancia y generado una notoria demanda de profesionales para resolver o contra restar dicha problemática.

En el mundo del deporte, la calidad de los campos de juego no es simplemente un detalle estético, sino un factor determinante en el rendimiento de los atletas y en la experiencia general del evento. La gestión adecuada de los campos deportivos no sólo influye directamente en su desempeño de los deportistas y satisfacción de los espectadores sino también es esencial para garantizar la seguridad de los primeros.

Un campo deportivo bien mantenido no solo es visualmente atractivo, sino que también proporciona un terreno de juego uniforme y seguro. La calidad del césped, la nivelación del terreno y el estado general de las instalaciones son factores que afectan directamente la ejecución de movimientos y jugadas por parte de los atletas. Un terreno irregular o mal cuidado puede resultar en lesiones, afectando no solo la salud de los jugadores, sino también su rendimiento a largo plazo. Además, la gestión profesional de campos deportivos contribuye significativamente a la durabilidad de las instalaciones. Los expertos en mantenimiento conocen las necesidades específicas de cada tipo de superficie, ya sea césped natural, césped artificial, canchas de arcilla o cualquier otra variante. Este conocimiento especializado permite implementar prácticas de cuidado que prolongan la vida útil de los campos, ahorrando costos a largo plazo y asegurando que los equipos y atletas tengan acceso a instalaciones de alta calidad durante más tiempo.

Los clubes deportivos, las instituciones educativas y los organizadores de eventos comprenden que la inversión en expertos en campos deportivos no solo es una cuestión de estética, sino una estrategia clave para mejorar el rendimiento de los atletas y la experiencia global del público. En conclusión, el manejo profesional de campos deportivos es una necesidad imperante en el mundo del deporte contemporáneo.

Origen y Fundamento de esta experiencia

Este trabajo surgió a partir de una consulta del Ingeniero Agrónomo Ignacio Salas (“Salas Soluciones Agropecuarias”), asesor privado en campos agrícolas y complejos deportivos en la región de Bahía Blanca. Su acercamiento a la Cátedra *Propiedades Edáficas y de Fertilidad*, específicamente al Dr. (Ing. Agr.) Fernando López, fue consecuencia de problemáticas observadas en distintos lotes agrícolas y complejos deportivos de la zona, anteriormente no presentes, desconociendo el factor edafológico incidente. A raíz de esto, se planteó un trabajo conjunto involucrando al estudiante de Ing. Agronómica Sebastián Andrés Robein para el desarrollo de su trabajo de intensificación enmarcado en una “Experiencia Laboral” con el Ing. Salas. A partir allí, se visitaron los diferentes sitios para realizar de un diagnóstico de la fertilidad de los suelos, evaluar de la problemática en cada sitio en particular y realizar propuestas de trabajo acorde a cada uno, con el fin de mejorar el manejo de suelos y aguas.

Objetivo general

El objetivo de este trabajo fue analizar las problemáticas en los diferentes sitios de estudio y realizar un informe de resultados y propuesta de manejo para cada situación.

Objetivos específicos

- Adquirir criterios de observación y juicio de situaciones específicas de manejo de suelos y aguas.
- Relacionarse con un profesional abocado a tareas específicas de ingeniería agronómica.
- Realizar, de forma autónoma, tareas de muestreo, análisis de laboratorio y evaluaciones de la fertilidad del suelo.
- Resolver diferentes problemáticas de situaciones reales relacionadas a suelos salinos en establecimientos de producción extensiva y complejos deportivos.
- Adquirir conocimientos y experiencia en el procesamiento de muestras en el laboratorio.

- Compartir y discutir distintos criterios de decisión en conjunto con ingenieros agrónomos para la realización de diagnóstico y una propuesta de manejo para situaciones específicas.

Objetivos personales

- Fortalecer los conocimientos teóricos con situaciones reales de trabajo.
- Generar actitudes de desempeño profesional a través de evaluaciones y juicios de valor conducentes a la toma de decisiones.
- Desarrollar criterios de organización y planificación de programas técnicos.
- Desarrollar aptitudes de trabajo en grupo.
- Fortalecer el uso de herramientas de:
 - Búsqueda de información (revisión bibliográfica, entrevistas).
 - Redacción de un informe técnico.
 - Manejo de datos y gráficos.
 - Técnicas de exposición oral.

Metodología de Trabajo

Descripción general

La experiencia se realizó desde junio a fines de octubre del año 2022. Para el análisis y la evaluación de las diferentes situaciones en los sitios realizó una observación visual del paisaje, la vegetación, los problemas evidentes en el suelo y se recolectó información de valor brindada por el personal en cada establecimiento. Este primer paso es muy importante ya que nos permite descartar posibles causas y así enfocarnos con mayor rapidez en las tareas a realizar. El criterio de muestreo en cada sitio de estudio fue el mismo para poder realizar una correcta interpretación de los resultados.

Los predios objeto de investigación fueron:

- Predio de Asociación Empleados de Comercio (AEC):
 - Cancha amarilla
 - Cancha Borlenghi
- Predio Club Caza y Pesca Médanos
- Establecimiento Agropecuario “La Mancha Verde”
 - Lote 37
 - Lote 38

Toma de muestras, criterios y análisis realizados

En los campos deportivos, se muestrearon sitios contrastantes respecto a sus situaciones, por ejemplo, sitios con buena cobertura que no mostraban limitantes de ningún tipo y sitios sin cobertura y con signos de deterioro del suelo. También se buscaron sectores problemáticos históricamente reconocidos por el Ing. Salas, o por el personal de los distintos clubes.

En lo que respecta al establecimiento “La Mancha Verde”, se procedió a trabajar en los lotes 37 y 38. Previo a la visita de los lotes se procedió al análisis de imágenes satelitales a través del Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (NDVI) para localizar los sitios a muestrear. Con esta información

se determinaron las ubicaciones a muestrear mediante puntos de GPS. Una vez en el lugar se analizó el paisaje para descartar posibles errores que se hayan pasado por alto desde el trabajo con imágenes satelitales. Posteriormente, se tomaron muestras en los puntos georeferenciados anteriormente, los cuales correspondían a sitios contrastantes a partir del NDVI.

Para el muestreo de suelos se utilizó un barreno helicoidal de acero inoxidable graduado a diferentes profundidades para facilitar su lectura que tiene la particularidad de poder recolectar muestras hasta 2 metros de profundidad y permite ir extrayendo muestras por estratos con profundidades previamente determinadas (Figura 2). Para realizar un análisis completo, en las situaciones donde se encontraba la napa dentro de los dos metros de profundidad, se recolectó una muestra con un muestreador "Bailer". También se tomaron muestras de las fuentes de aguas utilizadas para el riego y de alguna fuente natural como arroyos cercanos.



Figura 2. Herramientas de muestreo. Barreno helicoidal, Bailer y recipientes para muestras de agua y suelo.

Un punto muy importante a la hora de evaluar situaciones problemáticas es ser criteriosos a la hora de realizar el muestreo, planificando el mismo de forma integral tratando que no se escape ningún detalle. También se debe ser cuidadoso y prolijo con la toma de muestras ya que de esto depende luego obtener datos representativos para poder hacer un correcto análisis de la situación.

La toma de muestras se realizó hasta los 2 metros de profundidad. Se tomaron muestras compuestas de los 0-25 cm, 25-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm y 150- 200 cm de profundidad (Figura 3 y Figura 5). Cabe aclarar que el barreno se encuentra graduado en dichas profundidades para facilitar la recolección. Las muestras se colocaron en diferentes bandejas y puestas en sus respectivas bolsas rotuladas con dichas profundidades y puntos de muestreo. En los casos donde se encontró la presencia de napa se procedió a tomar una muestra de la misma.



Figura 3. Procedimiento de muestreo.



Figura 4. Muestras de suelo de Cancha Amarilla.

Trabajo en laboratorio

Una vez recolectadas las muestras se procedió a llevarlas al Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad Nacional del Sur donde se las secó al aire (Figura 5) y posteriormente tamizadas por 2 mm (Figura 6). A partir de allí, se realizaron mediciones analíticas de pH y conductividad eléctrica (CE). A continuación, se muestran imágenes que ilustran dicho proceso para una mejor comprensión de las tareas realizadas.



Figura 5. Muestras de suelo en bandejas para secado al aire.



Figura 6. Proceso de tamizado. Tamíz de 2 mm.

Medición de CE

Se prepararon extractos de saturación de todas las muestras (Figura 7) en las cuales se mide la clasificar al suelo según su contenido de sales. Para ello, se prepararon pastas saturadas pesando 250 gr de cada muestra en vasos pesados previamente y agregando agua destilada con una pizeta hasta lograr el punto de hidratación requerido para la saturación. Se dejó reposar las pastas saturadas durante 60 minutos, en caso de ser necesario, se volvió a hidratar las mismas con agua destilada hasta alcanzar el punto de saturación. Luego se las llevó a un kitasato conectado a la bomba de vacío donde obtenemos el extracto de saturación, sobre este extracto se medirá la CE (dS m^{-1}).



Figura 7. Obtención de extractos de saturación.

Medición de pH

Para la medición del pH se realizaron unas suspensiones de suelo: agua en relación 1:2,5 (Figura 8) que consistió en pesar 20 g de suelo de cada muestra en vasos previamente rotulados y agregarles 50 mL de agua destilada. A éstas suspensiones se las agitó y dejó reposar durante 60 min. Luego en agitación se procedió a medir el pH con un peachímetro (Figura 8).



Figura 8. Medición de pH en agitación.

Criterios para el diagnóstico de la fertilidad

El USDA (1954) define a los suelos salinos y/o sódicos como aquellos que presentan concentraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable o ambos, de tal manera que afectan o alteran su productividad. Tomando como umbral crítico el valor de $CE = 4 \text{ dS m}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ para salinidad y 15% para el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), los suelos afectados por sales pueden clasificarse en cuatro clases: normal, salino, sódico y salino-sódico.

Para la clasificación de la calidad del agua del riego también se realizaron las determinaciones de CE y pH. Además, los cationes Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , y los aniones HCO_3^- y CO_3^{2-} . A partir de estos, se calculó la relación de adsorción de sodio (RAS) y el carbonato de sodio residual (CSR).

Predios deportivos

Los primeros sitios de estudio fueron dos canchas de fútbol ubicadas en la ciudad de Bahía Blanca dentro del predio de la Asociación Empleados de Comercio (AEC). Una, conocida como “Cancha Amarilla” (Figura 9) y la otra “Cancha Borlenghi” (Figura 10).



Figura 9. Foto representativa de "Cancha Amarilla" 27/07/2022.



Figura 10. Foto representativa "Cancha Borlenghi" 27/07/2022.

Ambas canchas se encuentran situadas en la llanura de inundación del arroyo Napostá, donde el nivel freático se encuentra a poca profundidad, con drenaje deficiente y presencia de arroyos y canales. La vegetación del lugar se

compone de gramíneas y con presencia de algunas especies indicadoras de suelos salinos. Ambas canchas están bajo riego con un sistema de aspersion automatizado que utiliza de agua de perforación, almacenada en una cisterna ubicada a pocos metros.

En cuanto al manejo de suelo, se realizan tareas de aireación con dos tipos de máquinas (Slicer y Sacabocados), las cuales se pasan de 2 a 3 veces enganchadas al tractor corta césped por lo que se realizarían ambas tareas (corte y aireación) en conjunto. Dicho manejo mejora la aireación y consecuentemente la infiltración del suelo del campo de juego. Estas actividades son efectuadas por personal propio de la Asociación bajo la supervisión del Ing. Agr. Salas, quién cumple el rol de asesor profesional en los mismos para que las prácticas se realicen de forma correcta y se vea plasmado en los resultados posteriores en el estado del campo de juego.

Cancha Amarilla

Esta cancha se encuentra en una posición más baja respecto a la cancha Borlenghi. Por uno de sus laterales pasa un canal interno del predio el cual se conecta posteriormente con el arroyo Napostá. Previo a la siembra en febrero del 2022, se realizaron tareas de nivelación sin adición de relleno. Las figuras 1 y 2 muestran el estado de la Cancha Amarilla el día de muestreo.



Figura 1. Condición de la Cancha Amarilla (28/07/2022).



Figura 2. Deterioro por erosión y salinidad en Cancha Amarilla (28/07/2022).

En esta cancha se muestrearon en 3 puntos los cuales nombramos, sitio “1” (peladal avanzado) clasificado como malo, sitio “2” (manchón sin césped) y sitio “2B” (manchón con buena cobertura y estado del césped).

Cancha Borlenghi

La “Cancha Borlenghi” se encuentra a pocos metros de la anterior, pero en este caso se realizaron obras de elevación y nivelación del terreno. En esta cancha se tuvo el mismo criterio de muestreo implementado en la cancha anterior, realizando 7 piques en total. A diferencia de la Cancha Amarilla ésta presentaba una cobertura del 100% (Figura 13)



Figura 11. Toma de muestras en sitio 7. Cancha Borlenghi (28/07/2022).

Club Caza y Pesca de Médanos

Otro de los sitios que integran este trabajo fue en el predio del Club Caza y Pesca Huracán de la localidad de Médanos. El mismo se encuentra ubicado en el Partido de Villarino al Sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

Climáticamente, es una región semiárida, comprendida entre las isohietas de 500 y 350 mm anuales con valores máximos de lluvia observados en febrero-marzo y en septiembre-octubre. El balance hídrico de la zona indica que las precipitaciones no son suficientes para los cultivos sin riego.

La mayoría de los suelos del partido de Villarino son clasificados como *Haplustoles* y *Calcistoles*. Se trata, en general, de suelos de textura arenosa a arenosa-franca, muy sueltos, susceptibles a la erosión eólica, con niveles de materia orgánica cercanos al 1%. Al tratarse de una típica textura gruesa la infiltración básica puede oscilar entre 25 y 50 mm/h (RIAN, 2007).

En la (Figura 12) se observa el estado de la cancha al momento que se realizó la visita y la toma de muestras.



Figura 12. Estado de la cancha del Club Caza y Pesca Huracán de la localidad de Médanos (12/08/2022).

En el lugar uno de sus dirigentes quién aportó detalles sobre las fuentes de agua, relleno utilizado en la construcción de la cancha, sectores con

antecedentes problemáticos, tipo de vegetación implantada y usos de la misma. A partir de la información recolectada se pudo determinar que la cancha se estableció hace aproximadamente 10 años y los primeros 5-6 años tuvo un muy buen desarrollo del césped, hasta que empezaron a notar algunos problemas en el estado del campo de juego, como manchoneo, partes que no se lograban cubrir aún con la ayuda de panes de césped, dificultad para infiltración luego de una lluvia o de riego, entre otros.

En esta cancha se tomaron muestras de suelo con la misma metodología utilizada en el predio de la AEC, diferenciando sectores problemáticos de no problemáticos. Se obtuvieron un total de 4 puntos de muestreo de los cuales se recolectaron unas 20 muestras, de las diferentes profundidades. También se tomaron muestras de la arena utilizada para relleno y de orujo que había sido previamente incorporado al suelo de la cancha para descartar que los problemas provengan de dichos productos. Por último, se recolectó una muestra de un tanque australiano que funcionaba como almacenamiento del agua utilizada para el riego proveniente de una perforación en el lugar.

Un detalle a tener en cuenta en esta cancha en particular, que nos llamó la atención en el momento del muestreo, fue que a pesar de la textura gruesa (arenosa) que presentaba, tenía graves problemas de infiltración y por el color oscuro de las mismas se infirió en que se podía tratar de problemas de sodicidad.

Establecimiento “La Mancha Verde”: producción extensiva

El tercer y último sitio de estudio fue un campo agrícola-ganadero ubicado en las cercanías de la localidad de Cabildo (38°30'13.69"S; 61°47'31.83"O) (Figura 13). En este lugar se encuentran dos lotes adyacentes que, según la información proporcionada por el Ing. Salas, inicialmente estaban destinados a la agricultura y mostraban buenos rendimientos tanto en cultivos de granos finos (trigo y cebada) como gruesos (maíz). Sin embargo, en los últimos años, estos lotes comenzaron a manifestar una disminución de los rendimientos y una

importante variabilidad espacial. Además, se observaron cosechas irregulares, con rendimientos desiguales, a pesar de que se seguían realizando las mismas prácticas agrícolas que se habían utilizado durante años. Las causas detrás de esta variabilidad resultaban desconocidas. Además, se observaba una disminución de los rendimientos de grano en comparación con otros lotes del mismo establecimiento.

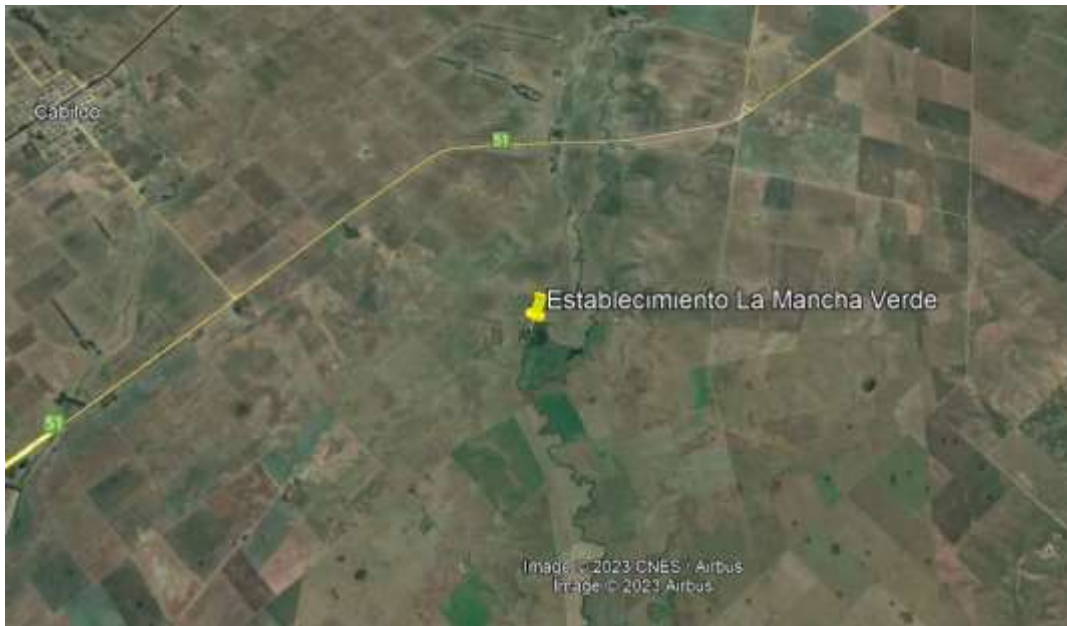


Figura 13. Imagen ubicación geográfica del Establecimiento La Mancha Verde.

Previo a la visita del sitio, con ayuda del Dr Ing. Agr. Oscar Bravo, docente de la cátedra de Génesis y Cartografía de Suelos de la Universidad Nacional del Sur, se realizó una aproximación a una ambientación para obtener información de la variabilidad antes de la visita a los lotes. Esta aproximación se realizó mediante el empleo de imágenes satelitales procesadas en la plataforma Qgis y el uso del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). El NDVI es un indicador de la biomasa fotosintéticamente activa que permite observar diferencias en la cobertura del suelo. Esto nos permitió registrar puntos de muestreo anticipadamente, para orientarnos de una manera más eficiente a la hora de ingresar a un lote que desconocíamos. Los puntos se cargaron en un GPS, y una vez en cada lote nos dirigimos a las coordenadas indicadas para iniciar las tareas de muestreo.

La metodología empleada para el muestreo en esta ocasión, dada la extensión de la superficie en cuestión en comparación con la de las canchas de fútbol, se fundamentó en la ambientación previa a partir de imágenes satelitales. El propósito principal de esta etapa era distinguir entre sectores de diferente NDVI para la delimitación de distintos sectores que podrían explicar la variabilidad observada en los cultivos. De esta manera, se estableció un criterio que consistió en el muestreo de sectores contrastantes a partir de lo observado con el NDVI. En base a la delimitación con imágenes satelitales se procedió a tomar cuatro muestras en cada lote, dos en sectores de alto NDVI y dos en sectores de NDVI bajo. Se lograron recolectar un total de 20 muestras por lote, es decir, que se llegó a la profundidad de 2 metros con el barreno en todos los puntos. No se llegó a la napa e ningún punto por lo que no se obtuvo muestra de la misma. Finalmente, al igual que las muestras recolectadas en el predio de AEC y en el Club Caza y Pesca Huracán de Médanos, todas fueron trasladadas al laboratorio de Física de Suelos para su procesamiento.

Resultados y Discusión

Predio deportivo Asociación Empleados de Comercio (AEC)

Parte de estos resultados fueron publicados en un trabajo en el Congreso de la Red Argentina de Salinidad 2023, con el título “*Incidencia de problemas de salinidad/sodicidad en predios deportivos del sudoeste bonaerense*”

Cancha amarilla

En la visita se pudo observar que de las dos canchas a muestrear en AEC ésta, fue la que presentó condiciones más desfavorables en cuanto a su estado como se puede ver en las siguientes imágenes. También se pudo contar con la información brindada por un empleado del lugar quién hace varios años se encuentra trabajando en el predio sobre la construcción de las canchas, sucesos climáticos, rellenos utilizados, etc. Esta cancha está situada en un área plana, con poca pendiente, y en una posición de bajo con problemas de drenaje. También se pudo constatar que un desborde de uno de los arroyos mencionados anteriormente luego de una crecida por causa de una lluvia a principios del 2022 había erosionado parte de esta cancha lo que en consecuencia también iba a requerir nuevas obras de nivelación y drenaje para que ese problema no vuelva a suceder. A simple vista se pudieron identificar graves problemas de deterioro del suelo ocasionados por efectos de la salinidad e indicios de mal drenaje.

En cuanto a los análisis de suelo, se observaron valores elevados de CE en todas las profundidades muestreadas, junto con valores elevados de pH (Tabla 1). Esto probablemente se deba a la ubicación de la cancha en la llanura de inundación del arroyo Napostá, donde el drenaje natural del terreno no era adecuado. En el momento de la toma de muestras, el nivel freático se encontraba a unos 80 centímetros de profundidad, como se detalla en la Tabla 1.

Según los valores de CE en toda la profundidad del suelo, se podría clasificar como suelo salino, y los valores de pH sugieren la posibilidad de problemas de sodicidad. En este caso, los problemas de alcalinidad/sodicidad no parecen estar

relacionados con la calidad del agua de riego, sino más bien con las características de los materiales parentales y aquellos utilizados para relleno. Es importante destacar que es común encontrar suelos con problemas de alcalinidad/sodicidad en la región costera del arroyo Napostá, que abarca el partido de Bahía Blanca.

Tabla 1. Valores de CE y pH de la cancha Amarilla. Sitios 1, 2 y 2b.

Prof. (cm)	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 2b	
	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH	Prof. (cm)	pH
0-25	6,4	9	8,2	8,8	0-20	9,24
25-50	4,12	9,7	4,7	8,9	20-40	8,75
50-100	3,95	9,6	4,4	8,2	40-60	9,15
100-150	3,78	9	3,4	8,9		
150-200	2,76	8,9	2,9	8,9		
Obs.	Césped deteriorado		Césped deteriorado		Buena cobertura	
Napa freática (85 cm)	5,75	7,5	4,8	7,3		

La napa freática en los sitios 1 y 2 mostró altos valores de CE lo que podría explicar los altos valores encontrados en el perfil del suelo. En función de los resultados obtenidos, la napa podría estar aportando sales que debido al ascenso capilar y la evaporación y/o evapotranspiración de agua del suelo se estarían concentrando en el perfil, sobre todo en los primeros 25 cm. Del mismo modo, el agua de riego también podría estar afectando el contenido de sales del suelo ya que la CE fue de 3,2 dS m⁻¹ en el momento del muestreo (Tabla 3).

Cancha Borlenghi

Los valores de CE en las capas superficiales, hasta un metro de profundidad, se mantuvieron dentro de niveles aceptables en términos de salinidad. Sin embargo, a partir de la profundidad de 100-150 cm, los valores de CE superaron los 3,0 dS m⁻¹ (Tabla 2). A pesar de estar en una ubicación similar a la Cancha Amarilla, ésta cancha se encuentra ubicada sobre un relleno de cerca de un metro de altura. En este caso, los valores de pH cercanos a 9 en todas las

profundidades, sugieren posibles problemas de sodicidad. Estos problemas podrían estar relacionados con el suelo utilizado en el relleno, ya que no parece haber problemas de sodificación en el agua utilizada (Tabla 3).

Tabla 2. Valores de CE y pH de la Cancha Borlenghi. Sitio 3, 4, 5, 6 y 7.

Prof. (cm.)	Sitio 3		Sitio 4		Sitio 5		Sitio 6		Sitio 7	
	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH
0-25	1,4	8,9	1,4	8,8	1,4	9	1,6	9	1,2	9,2
25-50	1,1	9	1,9	9,4	1,5	9,4 7	1,3	9,5	1,2	9,3
50-100	1,8	9							2,3	9,2
100-150	3,3	8,8							3,2	9,2
150-200	2,7	8,9							2,9	9
Obs.	Buen estado		Impedimento a los 50 cm.				Buen estado			
Napa (150 cm)	5,7	7,7							5	7,2

Basándonos en los valores de pH observados en la Cancha Borlengui, el suelo se clasificaría como fuertemente alcalino o incluso muy fuertemente alcalino. No obstante, a pesar de estos niveles de alcalinidad, el césped predominante en la cancha, que es gramilla (*Cynodon dactylon L.*), se encontraba en una condición aceptable. Aunque algunas especies utilizadas en predios deportivos pueden tolerar estos valores de pH, sería aconsejable considerar un tratamiento para evitar un deterioro del suelo. Estos altos valores de pH probablemente se deban a una alta proporción de sodio en el complejo de cambio. Para revertir esta situación se podría aplicar alguna enmienda como yeso o enmiendas de tipo biológico que permita mejorar la condición del pH del suelo. Además no debe perderse de vista que la calidad de agua no es la óptima. En este caso en la (Tabla 3) puede observarse que los valores del agua de riego muestran altos niveles de salinidad según su CE, por lo que se debe tener en cuenta el manejo del agua de riego, drenaje, etc. para evitar problemas

potenciales por salinidad y/o sodicidad. Al respecto resulta muy importante contar con un análisis completo de la calidad del agua de riego.

Tabla 3. Valores de CE Y pH de aguas del predio AEC.

	CE (dS m ⁻¹)	pH
Arroyo Napostá	1,6	8,6
Agua riego cisterna	3,2	8,2

Club Caza y Pesca Huracán de Médanos

En este sitio se observaron sectores de la cancha con buena cobertura y condición del césped y sectores muy deteriorados los cuales mostraron resultados contrastantes en los análisis de suelo. Los sitios con buena cobertura presentaron menores valores e CE que los sitios deteriorados. Sin embargo, ambos sitios presentaron valores altos de pH lo que indicaría problemas de alcalinidad y posibles problemas de sodicidad (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de CE y pH cancha Club Caza y Pesca Huracán.

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

En este caso los problemas de alcalinidad/sodicidad se deberían al agua de riego. Si bien el RAS no supera el límite de 13 para considerarla un agua con alto riesgos de sodificación, el valor de CSR es muy alto, lo que traería problemas de sodificación al suelo. Según el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos (1954) las aguas con más de 2,5 me L⁻¹ de CSR no son buenas para riego por el riesgo de sodificación (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de calidad de agua de riego del Club Caza y Pesca Huracán.

pH	CE	Na*	Ca*	Mg*	RAS	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ^{-*}	CSR*
8,62	1,3	11,12	2,01	0,42	10,1	1,62	4,99	4,18

CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio; CSR: carbonato de sodio residual. * (me L⁻¹).

Para la confirmación de los problemas de sodicidad en los sitios deteriorados se enviaron muestras para su análisis en el Laboratorio de Suelos, Planta y Ambiente (LABSPA) dependiente del CONICET-UNS. Los resultados del PSI permitieron confirmar los problemas de sodicidad en los sectores deteriorados.

Tabla 6. Análisis de diferentes propiedades químicas en suelo deteriorado de la cancha de *Club Caza y Pesca Huracán*.

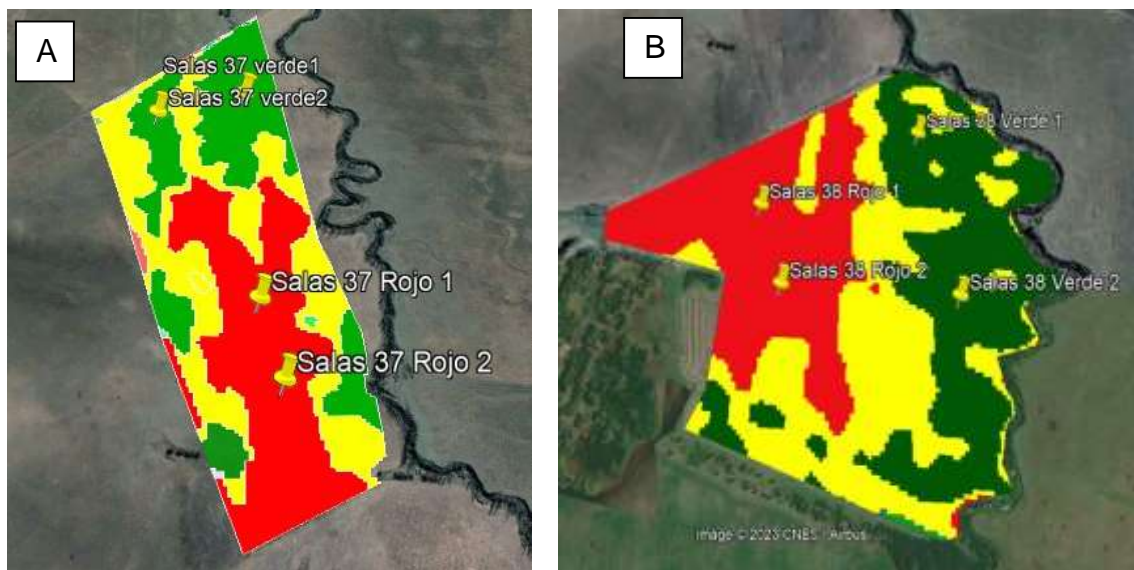
Profundidad	MO %	CIC cmol kg ⁻¹	Na+ int. cmol kg ⁻¹	PSI %
0-25 cm	0,88	16.2	8,7	53,7
25-50 cm	0,85	13.6	5,6	41,1

MO: Materia Orgánica. CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico. Na+ int.: Sodio intercambiable. PSI: Porcentaje de Sodio Intercambiable.

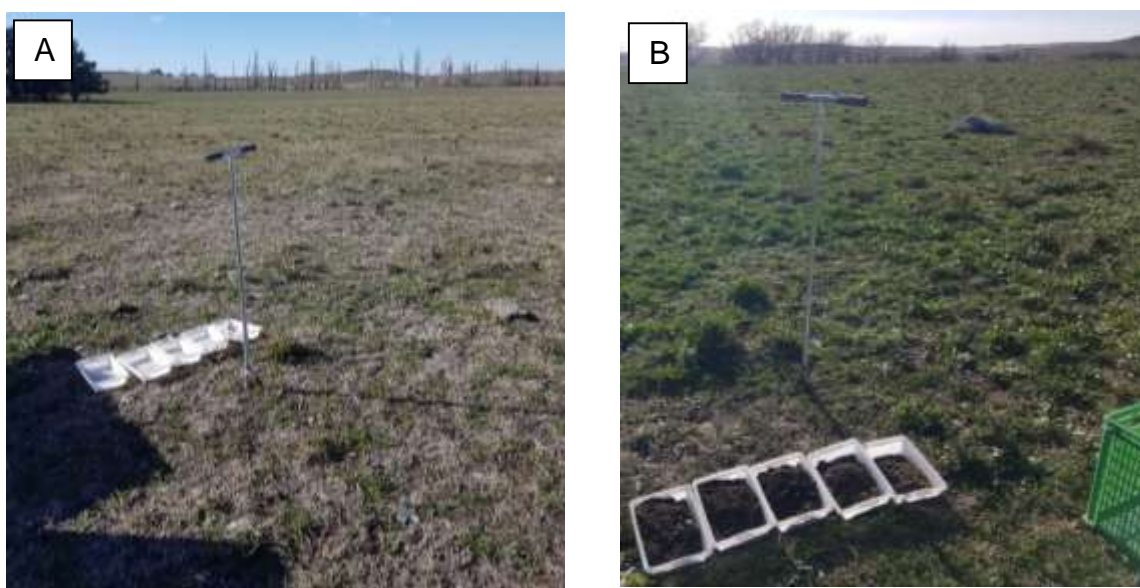
Luego de la confirmación de los problemas de sodicidad, a partir de los valores de PSI, se procedió a calcular las cantidades de enmienda a utilizar (yeso) para mejorar las condiciones de esta cancha.

Establecimiento “La Mancha Verde”

El análisis de las imágenes satelitales a partir del NDVI permitió diferenciar diferentes situaciones en cada lote (Figura 14). Estas diferencias observadas en el NDVI podrían deberse a variaciones en las condiciones de suelo. Se descartó que las diferencias se deban a causas antrópicas ya que no se observaron límites rectos entre los distintos valores de NDVI. Posteriormente, a partir de los sectores delimitados por el NDVI se procedió al muestreo de suelo en los puntos establecidos, en sectores verdes y rojos de cada lote. En el momento del muestreo se observaron diferencias en la cobertura vegetal (especies y desarrollo) entre los sitios rojos y verdes de cada lote (Figuras 15). En el lote 37 en particular se observó una predominancia del gramón en los sitios rojos.



Figuras 14 a y b. Imágenes NDVI del lote 37 (a) y del lote 38 (b).



Figuras 15 a y b. Cobertura vegetal del lote 37 en sitio rojo (a) y cobertura vegetal en el lote 37 en sitio verde (b).

En el lote 37 no se observaron valores restrictivos de CE en 0-25 cm, en ninguno de los sitios muestreados. Sin embargo, en 25-50 cm, se observaron diferencias en la CE entre los sitios verdes y rojos. En los sitios rojos se observaron valores medios a altos de CE (entre 2,3 y 4,5 dS m^{-1}) mientras en los sitios verdes los valores de CE no fueron restrictivos para el crecimiento de los cultivos (cerca de 0,7 dS m^{-1}) (Tabla 7). En la profundidad de 50 a 100 cm se observó una tendencia similar, con mayores valores de CE en los sitios rojos

frente a los sitios verdes. Estas diferencias observadas en la CE podrían deberse a variaciones en los sedimentos aportados por el cauce a partir de los cuales se generan estos suelos. En condiciones de llanura de inundación, es normal la existencia de diferentes sedimentos de diferente composición debido a aportes en diferentes momentos, ya que son materiales de origen aluvial. Estos materiales pueden tener diferencias en la concentración de sales solubles o presentar diferente ascenso capilar de agua del suelo por diferente granulometría. En la profundidad de 0-25 cm es probable que las sales estén lavadas por las precipitaciones de la región. En cuanto a los valores de pH no se observaron diferencias entre los sitios rojos y verdes.

La incidencia de estos problemas en los últimos años puede deberse a cambios en el uso de la tierra. Anteriormente, las pasturas perennes (naturales o cultivadas) en estos lotes no permitían el ascenso capilar o presentaban un mayor consumo de agua. El destino de estos lotes a la producción de cultivos anuales y la menor cobertura del suelo pudo haber provocado cambios en la dinámica el agua del suelo, con un mayor ascenso capilar que pudo removilizar sales que se ubicaban a mayores profundidades en el perfil. Las diferencias entre sitios podrían deberse a cambios en la granulometría del suelo entre ellos.

Tabla 7. Valores de conductividad eléctrica (CE) y pH del suelo de 0-200 cm en el lote 37.

Prof. (cm.)	Lote 37 Rojo 1		Lote 37 Rojo 2		Lote 37 Verde 1		Lote 37 Verde 2	
	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH
0-25	0,96	8,3	0,77	8,6	0,54	8,3	0,67	8,5
25-50	4,52	8,5	2,31	8,2	0,69	8,4	0,74	8,8
50-100	6,43	8,4	5,64	8,2	2,05	8,2	4,62	8,4
100-150	4,25	8,3	3,58	8,2	3,87	8,2	5,18	8,8
150-200	3,06	8,2	1,04	8,2	2,75	8,0	1,29	8,8

En cuanto al pH en el lote 37 no se observaron diferencias entre sitios rojos y verdes. En ambas situaciones los valores fueron altos (mayores a 8), pudiendo afectar la disponibilidad de nutrientes.

En el lote 38 no se observaron valores de CE que afecten el normal desarrollo de los principales cultivos en los primeros 50 cm, en ninguno de los sitios. En 50-100 cm se observaron valores superiores de CE, pero que no serían restrictivos para el crecimiento de los cultivos, sin observarse diferencias entre sitios rojos y verdes. La vegetación en sitios rojos y verdes tampoco presentaba grandes diferencias (Figura 1618).



Figura 16. Cobertura vegetal en el lote 38 en sitio rojo (A) y cobertura vegetal en el lote 38 en sitio verde (B).

En este lote en particular si se observaron diferencias importantes en los valores de pH entre los sitios (Tabla 8). Mientras en los sitios rojos el valor en 0-25 cm fue de 8,7 en los sitios verdes fue entre 7,4 y 7,7. En la profundidad 25-50 cm también se observaron mayores valores de pH en los sitios rojos, pero con menores variaciones entre sitios. Estas diferencias en el pH del suelo, de cerca de un punto en 0-25 cm, podrían explicar las variaciones en la cobertura y en los valores de NDVI observados. Al igual que lo nombrado para el lote 37, estas

variaciones también podrían deberse a diferencias en el material parental y a diferencias en la posición en el paisaje ya que los sitios rojos a pesar que están en la llanura de inundación, se sitúan más cerca de la posición de ladera. Los valores de pH superiores a 8,5 en 0-25 cm en los sitios rojos del lote 38 afectarían negativamente la disponibilidad de nutrientes y podrían afectar la respuesta de los cultivos a los fertilizantes aplicados.

Tabla 8. Valores de conductividad eléctrica (CE) y pH del suelo de 0-200 cm en el lote 38.

Prof. (cm.)	Lote 38 Rojo 1		Lote 38 Rojo 2		Lote 38 Verde 1		Lote 38 Verde 2	
	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH	CE (dSm ⁻¹)	pH
0-25	0,47	8,7	0,46	8,7	0,73	7,7	0,67	7,4
25-50	0,40	8,8	0,63	8,5	0,58	7,9	0,49	8,3
50-100	1,41	8,7	1,7	8,9	1,49	8,5	2,18	8,0
100-150	1,15	8,7	1,00	8,8	3,51	8,4	3,35	8,5
150-200	0,75	8,5	0,69	8,4	3,40	8,5	1,97	8,4

En cuanto al manejo de estos lotes se podría plantear un manejo por ambientes para evitar la heterogeneidad dentro de cada lote y ser más eficientes con el uso de los recursos. En el lote 37 en particular se podría pensar en especies más tolerantes a salinidad ya que la principal limitante fue la CE en la profundidad de 0-50cm. Como la profundidad efectiva en ambos lotes no es una limitante se podría planificar la implantación de pasturas perennes (ejemplo alfalfa, agropiro, lotus, etc.) que tendrían un alto potencial productivo. La inclusión de estas pasturas permitiría mejorar la condición de estos suelos por mayores aportes de materia orgánica, de raíces, crecimiento continuo, cobertura, etc.

Conclusión y consideraciones finales

La calidad del agua en predios deportivos del sudoeste bonaerense emerge como un componente crítico, ya que las condiciones del agua utilizada para riego en la región de Bahía Blanca no es la óptima encontrándose valores de CE y pH que pondrían en riesgo el estado tanto el suelo como las especies vegetales que se buscan implantar, influyendo directamente en el mantenimiento de estos sitios. Realizar análisis completos de calidad de agua nos permite planificar y actuar de forma criteriosa a la hora de tomar decisiones para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de estos espacios. Otro punto a tener en cuenta es la importancia de realizar un buen diagnóstico de la fertilidad de suelos para asegurarnos tomar buenas decisiones a la hora de llevar a cabo los diferentes proyectos.

En lo personal esta experiencia laboral fue muy enriquecedora para mi desarrollo profesional, ya que me enseñó a ser criterioso a la hora de analizar diferentes situaciones problemáticas y también aprendí prácticas de muestreo, actividades de laboratorio e interpretación de datos que me serán de gran utilidad de aquí en adelante. Cabe destacar respecto al trabajo realizado lo importante que es tomar decisiones a la hora de llevar a cabo un proyecto de trabajo en base a datos obtenidos y analizados, para asegurarnos de que dichas decisiones estén fundamentadas.

Gracias a experiencias laborales como ésta, se crean vínculos entre los profesionales externos al entorno universitario y la universidad, promoviendo así, diferentes actividades beneficiosas para ambas partes y ayudan también a los estudiantes a insertarse en el mundo laboral.

Por último, resaltar la demanda existente de capacitaciones y conocimientos por parte tanto de las personas encargadas de los sitios deportivos como canchas, polideportivos, etc. como de los ingenieros agrónomos en estos sectores poco abarcados por los profesionales en nuestra región. Por lo que me parece que hay mucho por descubrir, analizar y desarrollar sobre estos temas.

Bibliografía

- Amiotti, N. et. al. (Editores). 2014. Gira Edafológica-XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional-Materia Orgánica y Sustancias Húmicas.
- Bandera, R. 2019. Suelos afectados por sales con énfasis en la Argentina.
- Bandera, R. 2004. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: Evaluación de enmiendas y de especies forrajeras.
- Cátedra de Evaluación y Manejo de Suelos 2023. Universidad Nacional del Sur.
- Vázquez M. (2017). Manejo y Conservación de Suelos. Con especial énfasis en situaciones argentinas.
- FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <https://www.fao.org/home/es>. Último acceso el 20/11/2023.
- Conti ME y L Giuffré (Editoras).2014. Edafología, bases y aplicaciones ambientales argentinas 656 págs. Editorial Facultad de Agronomía (UBA).
- Paoloni, JD (Editor). 2010. Ambientes y recursos naturales del partido de Bahía Blanca: clima, geomorfología, suelos y aguas. EdiUNS.
- RIAN (2007). Descripción de la zona I, partidos Bonaerenses de Villarino y Patagones, área de influencia de la EEA INTA Hilario Ascasubi.
- Soil Survey Staff – USDA. 2006. Soil Taxonomy. A basic system for classifying soils. Agric Handbook 436. US Government Printing Office, Washington, DC. 863 p.
- Thomas DSG, Middleton NJ (1993). Salinización: nuevas perspectivas sobre un importante problema de desertificación. J. Arid Environ. 24: 95-105.