



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO DE INTENSIFICACIÓN

**EXPERIENCIA LABORAL: DIAGNÓSTICO DE LA
FERTILIDAD DEL SUELO Y PROPUESTA DE
MANEJO EN PREDIOS DEPORTIVOS**

MARTINO ROMANO

Tutor: Dr. (Ing.Agr.) Fernando López

Consejeros: Dr. (Ing.Agr.) Marcos Molinari

Dra. (Ing.Agr.) Juliana Moisés

Asesor Externo: Ing. Agr. Ignacio Salas

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2025

Agradecimientos

A la Universidad Nacional del Sur, y en especial al Departamento de Agronomía por brindarme calidez, formación y capacitación desde el inicio de la carrera. Por darme una educación pública y aprender de sus valores.

A mi tutor Ing.Agr. Fernando López, por su paciencia, tiempo, predisposición, apoyo, acompañamiento y consejos tanto en lo académico y personal. Gracias por haber aceptado desde el primer momento esta propuesta y haber cumplido con ello.

A mis consejeros, Ing.Agr. Marcos Molinari e Ing.Agr. Juliana Moisés, por sus revisiones, charlas, comentarios y consejos durante todo este periodo. Gracias por estar en los detalles de cada etapa de la tesis y establecer una buena comunicación durante todo este trayecto.

A mi asesor externo, Ing.Agr. Ignacio Salas, por aceptar la propuesta de esta experiencia de trabajo, asesorarme, explicarme, acompañarme e incluirme al mundo laboral. Gracias por mostrarme tu motivación en manejo de predios deportivos y césped.

A Martín y Luciano, por las mañanas de trabajo en pleno otoño e invierno en el Laboratorio de Física de Suelo, por los mates, las charlas, las anécdotas, las risas, la paciencia y las explicaciones en cada análisis realizado.

Al Club Bella Vista por dejarme utilizar su cancha para realizar los análisis de suelo, y en especial a Daniel, el canchero, quien siempre estuvo con buena predisposición en cada visita al campo de juego.

A mi familia y en especial mis papás, Gustavo y Leandra, por la formación y educación que me brindan día a día. Gracias por dejarme estudiar, respetar mis espacios y decisiones, y por sobre todo aguantarme.

A mis hermanos, Renato y Luisina, por las risas y los chistes durante toda la carrera que me ayudaron a despejarme de las preocupaciones o momentos donde todo no salía bien.

A mis abuelos, Tito y Bocha, pilares fundamentales desde el inicio de mi vida, a quienes les debo todo y aún más. Gracias por acompañarme siempre, inculcarme valores y enseñarme a ser mejor persona. Esto es de y para ustedes.

A mi tía Rosana, por sus motivaciones y fuerzas antes de cada parcial y final de cada materia. Gracias por hacerme creer que todo es posible y también por hacerme notar que hay que ser agradecido de cada suceso. Todo es un aprendizaje.

A mis amigos de la universidad, con quienes transité todo este trayecto y que también fueron fundamentales para alcanzar esta meta. Por las charlas compartidas, asados, juntadas, risas, días de estudio y anécdotas que quedaran en mi para siempre.

Y a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a mi formación hoy como profesional, sepan que los tengo presente.

Gracias, gracias, gracias.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	5
Introducción	6
Objetivo General:.....	7
Objetivos Específicos	7
Metodología de Trabajo	8
Descripción General	8
Caracterización climática de la zona	9
Toma de muestras, criterios y análisis realizados	10
Trabajo en Laboratorio	13
Análisis Químicos.....	13
Evaluación de la Calidad de Agua	21
Análisis Físicos	22
Observación Visual y Manejo de Malezas en la cancha Bella Vista.....	26
Resultados y Discusión.....	29
Propuestas sobre Mantenimiento y Manejo en la cancha Bella Vista	40
Conclusiones y consideraciones finales.....	44
Bibliografía	45
Anexos	47
1.Valores de Cationes Intercambiables para obtener PSI (%)......	47
2.Presupuesto Villa Mitre “El Fortín”	47
3.Cálculos para Encalado.....	49
4.Propuesta para Gestión de los Residuos	50

Resumen

Dentro de los alcances del título del Ingeniero Agrónomo se encuentra la elaboración de proyectos y gestión de predios deportivos y recreativos, siempre con un enfoque de sostenibilidad y preservación de los recursos naturales. Una cobertura de calidad, que permita el uso intensivo, depende de un buen manejo del suelo, el agua de riego y del césped. Este trabajo final de carrera, enmarcado como experiencia laboral, tuvo como objetivo evaluar problemáticas y realizar propuestas de manejo para mejorar la gestión de suelos y agua en un predio deportivo de la localidad de Bahía Blanca. Este trabajo se realizó con el acompañamiento del Ing. Agr. Ignacio Salas (Salas Soluciones Agropecuarias). Se realizaron análisis y evaluaciones en el campo y se tomaron muestras de suelos y agua. En el laboratorio de Física de Suelos (Departamento de Agronomía, UNS) se analizó granulometría, Conductividad Eléctrica (CE), pH, cationes intercambiables (CI), capacidad intercambio catiónico (CIC), materia orgánica (MO) y fósforo extraíble (PE). Además, se realizó un análisis completo de calidad de agua y se evaluó la resistencia a penetración. En todas las situaciones se observaron problemas de sodicidad, con valores de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) elevados, probablemente por el empleo de agua de baja/media calidad, asociado a un manejo deficiente. A su vez se observó una baja disponibilidad de fósforo y elevado contenido de materia orgánica. A partir de la observación visual en el campo deportivo, se notó buena cobertura a lo largo del campo del juego, excepto en las áreas de portería. Se notaron desniveles del terreno en sectores específicos y se observó alta incidencia de arvenses. Junto con ello, se identificaron especies indicativas de problemas asociados al manejo que tenía la cancha, especialmente por el corte de césped y se evidenció la alta frecuencia de uso del terreno por parte de los jugadores del club, impactando de forma negativa a la calidad del césped y suelo. Este trabajo deja en claro lo importante que es realizar una adecuada evaluación de la fertilidad del suelo y el análisis de calidad del agua para la planificación y manejo de predios deportivos.

Introducción

Dentro de los alcances del título del Ingeniero Agrónomo se encuentra la elaboración de proyectos y gestión de predios deportivos y recreativos, siempre con un enfoque de sostenibilidad y preservación de los recursos naturales. La ciudad de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina) cuenta con más de 100 campos deportivos sobre los cuales se desarrollan diversas actividades, siendo las más importantes fútbol, rugby y golf. La alta competencia de los deportes sobre césped, la visibilidad creciente de los espectadores y los requerimientos de excelencia en el juego son factores directamente relacionadas con el estado de mantenimiento de estos predios. Una cobertura de calidad, no es simplemente un detalle estético, sino un factor determinante en el rinde de los atletas y en la experiencia general del evento lo que proporciona un terreno de juego uniforme y seguro. A su vez el campo de juego debe permitir el uso intensivo, el cual va estar estrechamente vinculado a un buen manejo del suelo, el agua de riego y del césped. 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. 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.

Actualmente, uno de los principales problemas que generan un deterioro excesivo en los terrenos deportivos es el uso intensivo, debido a que la población ha crecido mucho en los últimos años y no existen suficientes espacios para la creación de más terrenos deportivos dentro de los clubes. El uso intenso conlleva a que se entrene por más del periodo recomendado, 6 horas a la semana en una cancha de fútbol. El constante pisoteo provoca compactación de suelo, afectando a las especies sembradas para brindar cobertura en el suelo. Entonces, poder realizar manejos y llevar a cabo una solución en lugares donde el suelo y césped sufren un daño excesivo es una tarea compleja. Los especialistas, en la última década han dado a conocer manejos en estos sitios donde se involucra la parte agronómica como es el corte del césped, fertilización, la resiembra o la aireación del suelo, el manejo del agua de riego y drenajes, entre otras (Guía STMA,2012).

Si bien la relación de la Agronomía es crucial para un efectivo manejo, se debe entender que, para afrontar buenos cambios y mejoras en un terreno a lo largo del tiempo, los encargados

del mantenimiento de los predios (“cancheros”) deben procurar tener una mentalidad abierta para ver dónde están las deficiencias en el mismo. De acuerdo a estas consideraciones, el manejo profesional de campos deportivos es una necesidad imperante en el mundo del deporte contemporáneo.

Este trabajo surge por una motivación del estudiante de Ing. Agronómica Martino Romano de poder relacionar la agronomía a uno de sus deportes favoritos, que es el fútbol. Luego de una conversación con el grupo de trabajo *de Propiedades Edáficas y Fertilidad* de la Universidad Nacional del Sur, y a partir de la relación con el Ing. Agr. Ignacio Salas de Salas Soluciones Agropecuarias, se elaboró un plan de trabajo para la realización de un diagnóstico del estado de los suelos de un predio deportivo (Club Bella Vista, Bahía Blanca), evaluar el estado general y realizar propuestas de mejoras.

Objetivo General:

El objetivo general del presente plan de trabajo es validar las competencias profesionales adquiridas en la formación universitaria a través de tareas propias del ejercicio de la profesión del Ingeniero Agrónomo, trabajando en conjunto con un asesor privado en el diagnóstico y propuesta de manejo de suelos, aguas de riego y céspedes, en predios deportivos de la ciudad de Bahía Blanca y la región.

Objetivos Específicos

- Adquirir criterios de observación y juicio de situaciones específicas.
- Fortalecer los conocimientos teóricos con situaciones reales de trabajo.
- Relacionarse con un profesional abocado a tareas específicas de Ingeniería Agronómica.
- Desarrollar aptitudes de trabajo en grupo.
- Realizar, de forma autónoma, tareas de muestreo, análisis de laboratorio y evaluaciones de la fertilidad del suelo.
- Establecer prácticas de manejo de los suelos y vegetación en predios deportivos.
- 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.
- Fortalecer el uso de herramientas de búsqueda de información (revisión bibliográfica, entrevistas), redacción de un informe técnico, manejo de datos y gráficos y técnicas de exposición oral.

Metodología de Trabajo

Descripción General

El predio objeto de esta experiencia fue el estadio “Ignacio Nicolás” (Figura 1) del Club Bella Vista (Bahía Blanca).



Figura 1: Estadio "Ignacio Nicolás" Club Bella Vista (Bahía Blanca, 2025)

La visita al predio fue realizada a principios del mes de marzo del 2025. Para el análisis y la evaluación de las diferentes situaciones se realizó la observación del paisaje, la vegetación, los problemas existentes en el suelo y con ello se recolectó información de valor brindada por el personal en el predio deportivo. Este primer paso es muy importante debido a que nos permite descartar posibles causas y así enfocarnos con mayor rapidez en las tareas a realizar.

Caracterización climática de la zona

El sitio correspondiente a la cancha principal del Club Bella Vista “Ignacio Nicolás” se ubica en la ciudad de Bahía Blanca (Figura 2), provincia de Buenos Aires. Según Mormeneo (2011), el clima de la región es templado con una temperatura media anual de 15 °C, siendo la temperatura del mes más cálido de 23.2 °C (enero) y del mes más frío de 7.5 °C (julio). El número medio de días con heladas es de 35, siendo junio, julio y agosto los meses con mayor frecuencia. Las heladas de otoño y primavera son las que manifiestan un mayor índice de peligro desde el punto de vista agronómico. El período libre de heladas abarca los meses de verano (diciembre, enero y febrero). La precipitación media anual para la ciudad de Bahía Blanca, próxima al área de estudio es de 584.6 mm (periodo 1896-2000), siendo el invierno, la estación más seca del año. La ocurrencia de las precipitaciones no sólo se ve influenciada por la variabilidad característica de la región, impuesta por el movimiento propio de las masas de aire, sino que también influyen fenómenos meteorológicos a escala global que contribuyen a las fluctuaciones. Los vientos predominantes son del cuadrante Norte y Noroeste, siendo la velocidad media anual de 24 km/h, alcanzando mayor intensidad en los meses de primavera y verano. El aumento de la velocidad y frecuencia originan importantes procesos erosivos.

Teniendo en cuenta la Clasificación climática de Thornthwaite, el clima de Bahía Blanca se ubica dentro del grupo subhúmedo poco seco con poco o nulo exceso de agua. Según la Clasificación climática de Köppen, Bahía Blanca queda comprendida dentro del tipo climático BS, semiárido.

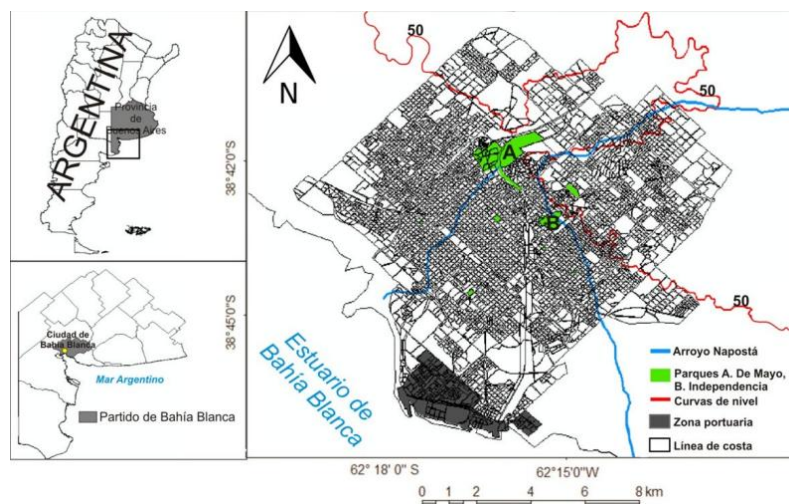


Figura 2: Localización de la ciudad de Bahía Blanca (Ferrelli, 2019)

Toma de muestras, criterios y análisis realizados

Con el objetivo de realizar un diagnóstico de la fertilidad del suelo, se realizó el muestreo, evaluando criterios en el momento de la toma de muestras. Como se notó que el campo de juego presentaba una superficie regular, sin presencia de micro relieves que afecten la jugabilidad se decidió que el criterio de muestreo sea mostrar 3 sitios representativos de toda la cancha. A su vez, en diálogo constante con el canchero, fue recomendado agregar otro sitio donde se evidenciaban las mayores limitaciones para esta cancha y donde el estado del césped se encontraba más deteriorado (Sitio 4). De manera complementaria, también se tomaron muestras de agua, para analizar su calidad.

Respecto a la cancha principal del Club Bella Vista, se procedió a elegir 4 sitios representativos (Figura 3), donde se llevó a cabo el muestreo de suelos, y se utilizó un barreno calador inoxidable graduado a diferentes profundidades para facilitar su lectura que tiene la particularidad de poder recolectar hasta 1 metro de profundidad y permitir ir extrayendo muestras para estratos con profundidades previamente determinadas (Figura 4). En el sitio 4, de manera complementaria, se analizó la resistencia a la penetración con un penetrómetro de impacto, para analizar la resistencia que posee el suelo que pueda limitar el desarrollo radicular, afectando en forma directa el crecimiento del césped. Además, se tomaron muestras de las fuentes de aguas utilizadas para el riego (Figura 5), y del suelo relleno que utiliza el club para tapar pozos o desniveles del terreno.



Figura 3: Cancha Club Bella Vista con la ubicación de los sitios muestreados.



Figura 4: Herramienta de muestreo. Barreno calador inoxidable.



Figura 5: A la izquierda, cañón regador y a la derecha cisterna de agua de riego.

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 el metro de profundidad. Se tomaron muestras compuestas de los 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm y 60-100 cm de profundidad. Cabe aclarar que el barreno se encuentra graduado en dichas profundidades para facilitar la recolección (Figura 6 y 7). Las muestras se colocaron en bolsas rotuladas con dichas profundidades y puntos de muestreo. En cada sitio muestreado, se realizaron aproximadamente 10 piques para poder tener gran cantidad de suelo y proceder con los análisis en laboratorio. En las profundidades de 60-100 cm se realizaron más piques debido a que en ciertas partes se presenciaba tosca. A su vez, se tomaron muestras del suelo de relleno.



Figura 6: Muestreo sitio 1.



Figura 7: Muestreo Sitio 3.

Mediante un penetrómetro de impacto o “caída libre” (Figura 8), se llevó a cabo la medición de la resistencia a la penetración en el sitio 4 de la cancha del Club Bella Vista. Como fue comentado anteriormente, este sitio fue elegido para realizar dicha actividad debido a que, según el canchero, se presenciaba más limitaciones en el terreno y es dónde se evidenciaba el mayor deterioro del césped. Para la medición se colocó de manera perpendicular el penetrómetro a la superficie de suelo, luego se levantó la pesa la altura de la barra y se dejó caer. Se repitió este procedimiento hasta que el mismo alcance la profundidad deseada. Se fue registrando el número de impactos que realizamos para alcanzar esta profundidad. Fue importante repetir el procedimiento hasta alcanzar la máxima profundidad de muestreo, y mantener la postura con el penetrómetro ya que el mismo tiende a inclinarse y eso podría afectar los datos tomados. También se tuvo en cuenta que la pesa debe caer y

no ser forzada hacia abajo. A su vez, se llevó a cabo un muestreo de suelo en este sitio, a las profundidades de 0-20 y 20-40 cm, con el fin de determinar la humedad gravimétrica. Las mismas fueron secadas a 105°C hasta peso constante, para luego interpretar estos resultados.



Figura 8: Utilización del Penetrómetro en el Sitio 4

Trabajo en Laboratorio

Análisis Químicos

Una vez recolectadas las muestras se procedió a llevarlas al Laboratorio de Física de Suelos de la Universidad Nacional del Sur (Departamento de Agronomía) donde se las seco al aire y posteriormente fueron tamizadas por 2 mm (Figura 9 y 10). A partir de allí, se realizaron mediciones analíticas de pH y conductividad eléctrica (CE). A continuación, se muestran imágenes que ilustran dichos procesos para mejor comprensión de las tareas realizadas.



Figura 9: Muestras de suelo en bandejas para secado al aire.



Figura 10: Proceso de tamizado. Tamiz de 2 mm.

Medición de CE

Se prepararon extractos de saturación de todas las muestras (Figura 11) en las cuales se midió la conductividad eléctrica para evaluar el contenido de sales. Para ello, se prepararon pastas saturadas pesando 250 gr de cada muestra en vasos pesados previamente y agregando agua destiladas 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 destiladas hasta alcanzar el punto de saturación. Luego se las llevó a un Kitasato conectado a la bomba de vacío donde se obtuvo el extracto de saturación, sobre este extracto se midió la CE (dS m^{-1}).



Figura 11: 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 (Imagen 12) que consistió en pesar 20 gr de suelo de cada muestra en vasos previamente rotulados y agregarles 50 mL de agua destilada. A estas suspensiones se las agitó y dejó reposar durante 60 minutos. Luego en agitación se procedió a medir el pH sobre el agitador. (Figura 12).



Figura 12: Medición de pH en agitación

Criterios para el Diagnostico de la fertilidad

El USDA (1954) define a los suelos salinos y/o sódicos como aquellos que presentan consideraciones excesivas de sales solubles, sodio intercambiable o ambos, de tal manera que afectan o alteran su productividad. Tomando como umbral critico el valor de $CE = 4 \text{ dS } m^{-1}$ a $25^{\circ}C$ 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.

Medición de Cationes intercambiables

Para la medición de Cationes Intercambiables (CI), se pesaron 2 g de suelo (Figura 13) en un tubo de centrifuga de 50 mL, a su vez se preparó un blanco. Luego se agregaron 10 mL de la solución de NH_4OAc 1M; que fue agitada durante 5 minutos (Figura 14), centrifugada (Figura 15) y filtrada. Este filtrado fue recibido en un matraz de 50 mL. Se repitió la operación dos veces más. Se dejó que cada porción drene completamente, y se llevó a volumen con acetato de amonio 1M (Figura 16). Por último, se mezcló bien y se guardó una porción del extracto para el análisis de Ca, Mg, K y Na. En el extracto obtenido se determinó sodio y potasio por fotometría de emisión a la llama y calcio más magnesio por titulación complejo métrica. (Minoldo y otros, 2023)



Figura 13: Balanza en el Laboratorio de Física de Suelos.



Figura 14: Agitador en el Laboratorio de Física de Suelos.



Figura 15: Centrifuga en el Laboratorio de Física de Suelos.



Figura 16: Matrices llevado a volumen para la determinación Cl.

Medición de Humedad Higroscópica

Se colocaron 20 a 30 g de suelo seco al aire en cápsulas de aluminio, se pesaron y se llevaron a estufa a 105°C hasta peso constante. La pérdida de peso experimentada represento la humedad higroscópica del suelo, eliminada por evaporación. Se expreso el porcentaje de humedad gravimétrica (Figura 17).



Figura 17: Cápsulas de aluminio en estufa.

Medición de Capacidad de Intercambio Catiónico

Para la medición de CIC, se enjuagó el suelo saturado con NH_4^+ con 40 ml de isopropanol. Luego se agitó, se centrifugó y desechó el sobrenadante. El suelo fue tratado con 3 porciones de 15 mL de KCl 1M, el cual se agitó, centrifugó y se recibió el filtrado en un matraz de 50 mL. Por último, se enjuagó con agua destilada y se llevó a volumen con agua destilada. Se mezcló bien y se guardó el extracto para el análisis de NH_4^+ por microdestilación (Kjeldahl). (Figura 18). (Minoldo y otros, 2023).



Figura 18: Elementos utilizados para la determinación de la CIC

Medición de Materia Orgánica (MO)

Para la medición de Materia Orgánica (MO), se pesaron 1,00 g de suelo seco al aire y fue tamizado por malla de 1 mm en un erlenmeyer de 125 mL. Luego fue adicionado 10 mL de la solución de $K_2Cr_2O_7$ (reactivo 1) y se agitó suavemente en rotación hasta que el suelo. Se procedió a adicionar 20 mL de H_2SO_4 concentrado (reactivo 2) en el término de 30 segundos, donde fue agitado para mezclar y dejar en reposo 30 minutos bajo campana a temperatura ambiente (18-22 °C). Si la solución se tornaba color verde indicaba que había un exceso de MO; en cuyo caso se debía descartarse y comenzar con una menor cantidad de suelo. Se transfirió la suspensión con agua destilada a un matraz aforado de 250 mL y se llevó a volumen (Figura 19). En consiguiente, se tomaron 10,0 mL de esta solución y se llevó a un erlenmeyer de 125 mL, donde se adicionó 1 mL de H_3PO_4 (reactivo 3) y 3 gotas del indicador difenilamina (reactivo 4). Por último, se titularon con la solución de sal de Mohr (reactivo 5) colocada en la bureta, hasta que el color de la solución vire de azul oscuro a verde claro, obteniéndose el volumen de reactivo consumido por la muestra. Paralelamente a lo expuesto se ejecutó un blanco sin suelo cumpliendo las etapas anteriores, obteniéndose el volumen de reactivo consumido por el blanco. (Walkley- Black, 1934).



Figura 19: Matrazes llevados a volumen previo a la adición del reactivo 2.

Medición de Fósforo Extraíble

Se pesaron 5 g de suelo y se colocó en un tubo de centrifuga rotulado. Se agregaron 35 mL de solución extractiva (reactivo 3). Luego, se colocó el tapón y se agito durante 5 minutos en forma horizontal, para después centrifugar. El tiempo fue fundamental por lo cual había que respetarlo para evitar reacciones de disolución-precipitación de compuestos de P. Luego, si era necesario, se filtraba el contenido a través de papel de filtro banda blanca. Si el filtrado no era claro, se repetía este procedimiento con papel Whatman número 42 banda azul. Se tomó una alícuota de 5 mL del extracto centrifugado o filtrado y se llevó a un matraz aforado de 25 mL. Se diluyó a 20 mL con agua destilada

y se agregó 4 mL de la solución de mezcla de desarrollo de color (reactivo 8), donde se llevó a volumen, se tapó y se agitó. Esta dilución coloreada de una alícuota del extracto se realizó por duplicado. La medición pudo realizarse después de 10 minutos de desarrollado el color azul, en un fotocolorímetro o espectrofotómetro con una longitud de onda de 882 nm. La lectura se efectuó contra un blanco que contiene 5 mL de la solución extractiva (reactivo 3) más 4 mL de la mezcla de desarrollo de color (reactivo 8) diluidos con agua destilada a un volumen de 25 mL. El color azul permaneció constante por varias horas (Figura 20). Una vez obtenidas las lecturas se necesitó de una curva de referencia construida con concentraciones conocidas en el rango de 0 a 0,80 mg P L⁻¹ para determinar la cantidad de P presente en la muestra incógnita. Con este fin, se realizó una curva de calibrado en paralelo y en las mismas condiciones experimentales, empleando soluciones de composición semejante a la muestra en análisis. (Bray & Kurtz, 1945).



Figura 20: Viraje azul de la medición de fósforo.

Para la clasificación de la calidad del agua del riego también se realizaron las determinaciones de CE y pH. Además, los cationes Na⁺, Ca⁺ y Mg⁺, y los aniones HCO₃⁻ y CO₃⁻². A partir de estos, se calculó la relación de adsorción de sodio (RAS) y el carbonato de sodio residual (CSR).

Evaluación de la Calidad de Agua

El pH se midió mediante el método potenciométrico, donde se tomó una muestra del agua recolectada, y posteriormente se procedió a medir el pH (Thomas, 1996). La conductividad eléctrica (CE) se midió mediante el método potenciométrico (Rhoades, 1996), donde se tomó una muestra del agua recolectada, y posteriormente se procedió a medir la conductividad eléctrica utilizando un conductímetro.

En cuanto a la medición de los cationes Ca^{+2} y Mg^{+2} , se llevó a cabo mediante el método valoración complejo métrica por titulación, donde se procedió inicialmente pipeteando con precisión 2 mL de la alícuota de la muestra de agua y transfiriéndolos al Erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente, se añadieron 2 mL de Trietanolamina (TEA) y se agitó la mezcla para garantizar una distribución homogénea. Luego, se incorporaron 5 mL del reactivo buffer, seguidos de 6 gotas de rojo de metilo y 3 gotas de indicador negro eriocromo T (NET), para obtener una indicación visual precisa de los cambios en la solución. Finalmente, se procedió a titular con EDTA, un paso crucial en el análisis que permitió determinar con exactitud la concentración de ciertos componentes en la muestra (Figura 21). (Suarez, 1996).



Figura 21: Procedimiento de la medición de Ca y Mg.

La medición de Sodio (Na^{+}) y Potasio (K^{+}), se realizó mediante el método espectroscópico por emisión de llama, por fotometría de emisión a la llama (Figura 22), donde se sometió la muestra a la llama provocando su dispersión y se comparó el incremento de la intensidad luminosa que resulta con aquel que producen distintas concentraciones conocidas de una solución patrón. Previamente se construyó una curva de calibrado para luego calcular la concentración de sodio y potasio en cada muestra. (Minoldo y otros, 2023).



Figura 22: Fotómetro de llama. A la derecha se ve la llama.

Por otra parte, se realizó la medición de cloruros mediante el método de Mohr, el cual se basó en la titulación argéntica de 2 mL de la muestra de agua, donde se utilizó cromato de potasio (K_2CrO_4) como indicador. Con hidróxido de sodio se ajustó el pH, y fue titulada con nitrato de plata ($AgNO_3$) para precipitar los iones cloruro presentes en la muestra. En cuanto a la medición de carbonatos y bicarbonatos se realizó mediante método título métrico, donde se tomaron 2 mL de alícuota de la muestra del agua que se valoraron con ácido sulfúrico, utilizando fenolftaleína para neutralizar los carbonatos y anaranjado de metilo para el punto final de los bicarbonatos. Además, mediante el método turbidímetro, se llevó a cabo la medición de sulfatos, el cual se basó en la precipitación del sulfato como sulfato de bario. El mismo consistió en agregar a la muestra solución estabilizadora (cloruro de sodio, ácido clorhídrico y glicerina) y cristales de cloruro de bario. Se midió la absorbancia de la suspensión con un espectrofotómetro y se determinó la concentración de sulfatos por comparación de la lectura con curva patrón. (Minoldo y otros, 2022)

Análisis Físicos

Se realizó el análisis granulométrico mediante el método de la pipeta de Robinson (1922), el cual consiste en extraer alícuotas de una suspensión de suelo a una profundidad definida y en tiempos previamente calculados, para luego determinar la cantidad de materia seca presente en cada volumen. Los tiempos de sedimentación, establecidos para una profundidad de 10 cm, permitieron separar las fracciones “limo + arcilla” y “arcilla”. De acuerdo con la Guía de Trabajos Prácticos de Propiedades Físicas de Suelo (2023), este procedimiento se desarrolló en varias etapas:

a) Preparación de la muestra: Se utilizaron unos 15 g de la muestra de suelo seca al aire y tamizada por un tamiz de 2 mm. Simultáneamente, se determinó la humedad del suelo llevando una submuestra a estufa a $105^{\circ}C$ hasta peso constante.

b) Dstrucción de la materia orgánica y agentes cementantes: se realizó colocando la muestra de suelo en un vaso de precipitados y adicionando 50 mL de agua oxigenada al 39%, en porciones de 5 mL para favorecer una oxidación más completa. La mezcla se dejó reposar durante la noche y luego se calentó suavemente en plancha eléctrica, sin superar los 60 °C (Figura 23), hasta lograr la decoloración del suelo. Si la reacción no se completa, se agrega más agua oxigenada. Cabe señalar que este tratamiento puede generar cristales de oxalato de calcio, lo cual constituye una contaminación indeseable en estudios de mineralogía de arcillas, aunque no afecta otros análisis.



Figura 23: Vasos de precipitados donde se encuentran las muestras de suelo con sus respectivas varillas sobre plancha eléctrica luego de la aplicación de agua oxigenada.

La eliminación de carbonatos se realizó tomando una pequeña cantidad de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm, sobre la cual se prueba la reacción con HCl 1 N (Figura 24). Si no se observa efervescencia, se utiliza HCl 0,1 N para remover el calcio de cambio. En caso de que el suelo sí reaccione frente al HCl 1 N, este se agrega lentamente al vaso de precipitados hasta lograr la completa destrucción de los carbonatos, revolviendo la mezcla periódicamente.



Figura 24: Evidencias de efervescencias cuando se aplicó HCl.

c) Descalcificación: se realizó agregando unos 100 mL de HCl 0,1 N a la muestra de suelo, agitando durante media hora y filtrando en embudo Buchner con papel de poro fino. El lavado continuó con HCl 0,1 N hasta obtener reacción negativa al calcio, verificada mediante el test de calcio (precipitado blanco con oxalato de amonio). Luego se eliminaron los cloruros, que provocan floculación, mediante lavados con agua destilada hasta reacción negativa, comprobada con el test de cloruros (precipitado blanco con nitrato de plata). En suelos pesados, la filtración se fue realizada con bomba de vacío en Kitasato (Figura 25), donde se humedeció el papel de filtro, se hizo vacío y se agregó el suelo. Luego se realizó Test de cloruro y se agregaron algunas gotas de HNO₃ 0,1 N para acidificar. Posteriormente, se agregaron 2 o 3 gotas de AgNO₃ 0,1 N. La reacción positiva fue la formación de un precipitado o turbidez blanca.



Figura 25: Filtración con bomba de vacío, Kitasato y embudo Bucher.

Tras escurrir el líquido de lavado, el papel de filtro con el suelo se colocó en una caja de Petri y se secó en estufa a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Luego se enfrió, se pesó junto con el papel y, tras retirar el suelo, se volvió a pesar para calcular la masa por diferencia. Finalmente, el suelo se transfirió a la botella de sedimentación utilizando un embudo y el chorro de una piseta, asegurando que todo el material sea extraído del papel de filtro.

d) Dispersión: se realizó agregando 25 mL de solución dispersante a cada botella de sedimentación y completando con agua destilada hasta 600 mL (Figura 26). Luego se tapó, se agitó manualmente y se controló el pH con fenolftaleína: si era inferior a 8,2 se ajustaba con NaOH 0,5 N hasta alcanzar valores adecuados (8,2-8,3). Finalmente, las botellas se colocan en el agitador mecánico, donde la suspensión debe mantenerse en agitación continua durante al menos seis horas.



Figura 26: Botellas de sedimentación luego de la aplicación del dispersante.

e) Separación de fracciones gruesas: se realizó tamizando el contenido de la botella agitada a través de una malla de 53 micrones, previamente humedecida con NaOH 0,5 N para evitar floculación. El material retenido ($>53\ \mu\text{m}$) se transfiere a una cápsula de porcelana, se seca primero a $60\ ^\circ\text{C}$ y luego a $105\ ^\circ\text{C}$, se enfría y se pesa. Posteriormente, esta fracción se somete a un tamizado en seco, de manera sucesiva, con tamices (Figura 27) de 1 mm (AMG), 0,5 mm (AG), 0,25 mm (AM), 0,1 mm (AF) y 0,054 mm (AMF), recuperando lo retenido en cada uno en vasos identificados. El material que atraviesa el último tamiz se devuelve a la botella de sedimentación por corresponder a la fracción fina. Finalmente, cada fracción se pesa y se calcula su porcentaje en relación al total.



Figura 27: Serie de tamices en seco junto con las muestras de suelo en sus recipientes.

f) Pipeteo de fracciones finas: se realizó llevando la botella de sedimentación al volumen de enrase (1250 mL), se agitó manualmente por inversión durante dos minutos y se colocó la pipeta de Robinson (Figura 28). Se registraron los tiempos desde el final de la agitación y se extrajeron alícuotas de 25 mL a la profundidad fijada (10 cm), siguiendo las tablas de relación entre tiempo, profundidad y temperatura. Las alícuotas se depositaron en cápsulas de porcelana, se secaron en estufa a $105\ ^\circ\text{C}$ hasta peso constante, se enfriaron y se pesaron para calcular el porcentaje correspondiente.

Paralelamente se preparó un blanco con 25 mL de solución dispersante en 1250 mL de agua destilada, cuyo valor se restó de cada lectura para corregir los resultados.



Figura 28: Pipeta de Robinson para medir fracciones finas.

Observación Visual y Manejo de Malezas en la cancha Bella Vista

En marzo del 2025, se realizó la visita al predio deportivo con el Ingeniero Agrónomo Ignacio Salas, y la presencia de uno de sus empleados que tiene el Club, precisamente el canchero, quien se encarga del mantenimiento y manejo del mismo. Se obtuvo información sobre la construcción de la cancha, rellenos utilizados, especies implantadas, malezas y manejos. Si bien el campo de juego se encuentra administrado por el desde el 2023, han cambiado las comisiones del club durante los últimos 10 años, lo cual impide conocer de manera específica la historia del predio. La cancha se sitúa en un área plana, con poca pendiente y en una posición sin problemas de drenaje. A simple vista, no se identificaron problemas de deterioro del suelo ocasionado por sales e indicios de mal drenaje. Se caracteriza por una cobertura uniforme (Figura 29) y con algunos sectores desnivelados.



Figura 29: Cancha de Bella Vista donde se evidencia el estado de la cobertura.

Respecto al manejo que tiene el club sobre la cancha, cabe aclarar que no tienen un Ingeniero Agrónomo que los asesore, solo allegados del club que aportan al mantenimiento del predio. A su vez, el club ha pasado por etapas económicas críticas por lo cual han dejado de lado la atención al manejo de la cancha, y ante insuficiencias de recursos, muchas veces se condicionó el manejo del predio. En el 2024, el canchero comentó que la cancha fue resembrada y también fertilizada con urea.

El club dispone de un tractor John Deere, que lo utiliza para cortar el césped. Respecto al césped, las comisiones anteriores tenían un manejo particular sobre el mismo, donde lo dejaban crecer más de lo que se debía, y en más de una ocasión, el canchero comento que, al dejarse crecer mucho el césped, cuando lo cortaban se embolsaba, y ahí se generaban los inconvenientes con gramilla o aparición de manchones. Cabe recalcar, que la vegetación no es afectada por hongos ni plagas, por ende, no tienen que aplicar herbicidas ni fungicidas. Actualmente, lo que hace el club es que cuando corta el césped, habitualmente 2 veces por semana, lo sacan y no lo dejan en la cancha.

El riego se realiza mediante un cañón de aspersion ubicado en las esquinas de la cancha, con un alcance de 30 metros. Cada posición opera durante 20 minutos, completando un ciclo de una hora en el que se aplican aproximadamente 10.000 L de agua. El agua utilizada es de red por lo que no debería tener problemas de alta concentración de sales. En el verano, se riega todos los días, desde las 6 AM hasta las 10 AM y a la tarde/noche alrededor de las 8:30 PM, donde utilizan 3 cisternas por día. Además, el canchero recalco que no poseen sistema de drenaje, el agua escurre hacia los laterales de la cancha donde desemboca en las calles que rodean al predio. Esto es un factor importante en la cancha, ya que, si algunas de sus puertas laterales no son abiertas, el agua se acumula en la misma pudiendo generar problemas. Han tenido situaciones donde se ha acumulado agua, en sectores específicos, pero no se han evidenciado manchones o algún problema en particular.

Por otro lado, la cancha sufre una frecuencia de uso constante (Figura 30), ya que entrena la primera, los infantiles, menores y el femenino del club, sumado a los partidos oficiales por Liga del Sur cada fin de semana, lo que genera que la cancha no logre recuperarse por su uso intensivo. No obstante, producto de la inundación ocurrida en marzo del 2025 en Bahía Blanca y la zona, el otro predio que posee el club se vió fuertemente afectado, generando que muchas categorías pasen a entrenar a esta cancha.



Figura 30: Por la frecuencia de uso se evidencia desgastada el área del sitio 1.

El terreno nunca fue nivelado, aunque el canchero comentaba que las comisiones anteriores en el club en determinados sectores del campo de juego, rellenaban con mezclas de materiales (mezclas de escombros de ladrillos, piedras, y tierra) cuando se notaban desnivelaciones. En los sitios muestreados, la tosca se encontraba a los 60 cm, excepto el sitio 1 el cual, en 3 piques, alcanzo 45 cm de profundidad, y se pudo evidenciar la aparición de materiales como ladrillos, piedras, etc. (Figura 31). Esta nueva comisión, ante desnivelaciones del terreno, agrega arena remanente extraída de una cancha de sintético de otro predio. Estas desnivelaciones se hacen notorias particularmente en las áreas de ambos arcos, donde se concentra el punto penal, es decir, en las zonas de muestreo 1 y 3. (Figura 30).



Figura 31: Evidencias de partes de ladrillos, piedras extraído con el barreno.

Resultados y Discusión

Tabla 1A: Análisis en la calidad de agua utilizada para riego.

CE	pH	RAS	CSR (meq/L)
0.81	7.6	4.5	2.7

Tabla 1B: Análisis en la calidad de agua en base a cationes y aniones.

Na (me/L)	K (me/L)	Ca + Mg (me/L)	Suma	Cl (me/L)	HCO ₃ (me/L)	SO ₄ (me/L)	SUMA (me/L)
4.7	0.2	2.2	7.1	2.6	4.9	0.4	7.9

Respecto los valores obtenidos sobre la calidad de agua (Tabla 1A), según la FAO (Ayers y Westcot, 1985), la conductividad eléctrica (CE), se considera ligera a moderada ($0,7-3 \text{ dS } m^{-1}$), dando entender que actualmente el uso de la misma no generaría problemas de acumulación de sales para el césped. En cuanto a la sodicidad, vinculada estrechamente con la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y la infiltración del agua, se considera también ligera a moderada (RAS: 3-6; CE: $1,2-0,3 \text{ dS } m^{-1}$), lo cual implica que actualmente su uso no provoca una disminución de la permeabilidad del suelo.

A su vez, se realiza la lectura de estos resultados sobre calidad de agua, según Riverside (Richards, 1954), definiendo a la misma: C3S1, esto indica para C3 (respecto a la CE $0,75-2,25 \text{ dS } m^{-1}$), que es un agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad; para S1 (respecto al RAS, 0-6), indica que es un agua con bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio. Esta lectura es muy estricta en sus mediciones, y en este caso el agua tiende a comportarse más como un C2 (CE $0,25-0,75 \text{ dS } m^{-1}$), lo cual indica que es un agua de salinidad media, apta para el riego, que en ocasiones específicas puede emplearse volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo. Además, Riverside agrega la lectura del parámetro Carbonato de Sodio Residual (CSR), en la cual este valor de 2,7 meq/L para el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos (1954) indica una restricción de uso severo o directamente no apta para riego ya que supera el valor umbral de 2,5 meq/L.

El resto de los resultados de la Tabla 1B, no muestran problemas. El pH no posee limitaciones en el uso, como así también los cloruros (Cl). En cuanto, a los bicarbonatos (HCO₃), se consideran valores ligeros a moderados.

En resumen, en base a la calidad de agua posee ligera a moderada restricción de uso, lo que quiere decir que no hay inconvenientes en utilizarla siempre y cuando las sales sean lavadas en el sistema y se tenga en cuenta para su manejo la presencia de sodio, evidenciada por el alto valor de carbonato de sodio residual (CSR). La utilización de aspersión con cañón, los grandes volúmenes de agua aplicados y buenas condiciones de drenaje generan que ocurra un lavado de sales sumado al escurrimiento del agua hacia los laterales de la cancha donde tienen su salida a las calles que la rodean, evitando que estas se acumulen en la misma. Es por eso que, a simple vista, no se han evidenciado manchones, o encharcamientos que den indicios sobre alguna problemática respecto a la salinidad. Es fundamental como práctica de manejo mantener un buen drenaje del suelo, que, si bien la cancha lo tiene de manera natural, es importante que permanezca a lo largo del tiempo. Se debe evitar obstruir las salidas de agua, y a su vez, sería deseable controlar las láminas de riego aplicadas.

La utilización de cañón es un método poco eficiente para el riego, debido a que aplica de manera desuniforme y, además, es un gasto innecesario aplicar laminas mayores a lo que se necesita para lavar sales, aun mas sabiendo que se usa agua de red. Se recomienda, un cambio en el sistema de riego a un método más eficiente como es el de aspersión en grifos, y ver si existe posibilidad de evitar usar agua de red e instalar una perforación. Ante los cambios que se lleguen a realizar, es primordial mantener el buen drenaje de la cancha.

Respecto al carbonato de sodio residual (CSR), se podría recomendar realizar prácticas de manejo como es el enyesado o utilización de enmiendas cálcicas para buscar una disminución del efecto de este factor del agua de riego.

Tabla 2: Granulometría en los diferentes sitios muestreados.

	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 3			SITIO 4		
Prof. (cm)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
0-20	13.7	14.8	71.6	11.3	13.9	74.8	13.1	13.9	73.1	13.6	15.2	71.2
20-40	15.7	19.2	65.1	14.3	27.4	58.3	16.2	27.4	56.5	11.3	24.5	64.2
40-60	11.7	24.5	63.8	11.3	25.8	63	11.1	22.0	66.9	11.6	24.4	64
60-100	12.2	24.8	63	11.4	28.9	59.7	9.3	19.4	71.3	12.9	24.4	62.8

Tabla 3: Fracciones de Arena (%): AMG (Arena muy gruesa), AG (Arena Gruesa), Am (Arena media), AF (Arena Fina), AMF (Arena muy fina) para los sitios muestreados.

	SITIO 1					SITIO 2					SITIO 3					SITIO 4				
Prof. (cm)	AMG	AG	Am	AF	AMF	AMG	AG	Am	AF	AMF	AMG	AG	Am	AF	AMF	AMG	AG	Am	AF	AMF
0-20	0.7	2.2	11.8	33	23.9	0.8	3.2	18.1	39.2	13.4	0.5	1.9	12.5	37.6	20.6	0.8	3	16.8	37.8	12.8
20-40	2.4	3.3	9.9	31.5	18	1.1	1.4	8.9	24.3	22.6	2.4	1.4	13.9	25.1	13.7	1.1	2.2	7.4	25.1	28.5
40-60	2.0	3.2	11.5	26.6	20.4	1.2	1.8	6.7	24.8	28.4	1.6	2.7	15.3	23.9	23.4	0.9	1.4	6.9	39.4	15.4
60-100	0.7	1.5	6	32	22.8	0.5	1.1	4.5	37.0	16.5	1.1	2.3	10.9	32.0	25.0	0.3	1	3.2	35.8	22.5

En cuanto a la granulometría correspondiente a los sitios 1,2,3 y 4 (Tabla 2), no hubo diferencias significativas en sus resultados y acorde al triángulo textural (Fuente: USDA, 1938), se determinó que es un suelo con textura franco arenoso, que ronda en valores de arcilla de 9,3 -15,7; valores de limo de 13,9-28,9 y valores de arena de 56,5-74,8. Este tipo de suelo se caracteriza por poseer un mayor porcentaje de arena, respecto de arcilla y limo, lo que otorga una textura gruesa, con buena capacidad de drenaje, pero menor retención del agua, a su vez, permite ofrecer buena aireación y facilitar el desarrollo de raíces, aunque requiera mayor frecuencia de riego.

Respecto a la Tabla 3, se puede notar que en los sitios 1,2,3 y 4 de la cancha, hubo una predominancia mayor de arenas finas y arenas muy finas lo cual con esto podría esperarse que este suelo sea susceptible a la compactación, perjudicando al drenaje y en casos extremos, formando charcos o superficies resbaladizas que obstruyan la jugabilidad de los jugadores. A su vez, puede generar la pérdida de la porosidad o aireación, provocando una mayor retención del agua debido a su baja permeabilidad. En casos extremos, estos encharcamientos generan condiciones de humedad en el suelo, lo cual puede causar la aparición de enfermedades en el suelo, como hongos, incluso afectar negativamente el crecimiento del césped.

Tabla 4: Valores de CE y pH de la cancha Bella Vista. Sitios 1,2,3 y 4.

	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3		SITIO 4	
Prof. (cm)	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH
0-20	0,85	8	0,75	8,2	0,68	8	0,67	8
20-40	0,84	7,8	0,75	8,3	0,82	8	0,88	7,8
40-60	0,95	8,1	0,97	8,3	0,6	8	1,04	7,8
60-100	0,94	7,6	0,94	8,2	1,1	8	1,16	7,7

En cuanto a la Tabla 4, se puede notar que, en los sitios muestreados (1,2,3 y 4) no se encontraron variaciones significativas en los valores del pH, que rondan alrededor de 7,6-8,3, donde según la escala de pH significa que es ligeramente alcalino. Según EEA INTA (Revista Ediciones, 2021), el pH es moderadamente alcalino tendiendo a básico (7,4-8,4), donde se podría esperar suelos con calcáreo (CaCO₃), disminución de la disponibilidad de P y B, y deficiencia de Co, Cu, Fe, Mn, Zn.

Si bien estos valores no son problemáticos, se debe saber que pueden provocar deficiencias de nutrientes esenciales como se comentó anteriormente, y esto puede impactar directamente en la estructura del suelo, afectando el drenaje y la aireación o incluso favorecer desarrollo de enfermedades en el suelo, aunque actualmente no sería una limitante importante.

Respecto a los resultados sobre concentración de sales, se puede decir que, los sitios muestreados, toman valores de Conductividad Eléctrica (CE) entre 0,67-1,16 dS m⁻¹, es decir, predominan valores

menores a $1 \text{ dS } m^{-1}$, lo cual indica que no hay limitaciones y que no son valores que sean problemáticos respecto a la salinidad, lo que favorece a la absorción de agua en el suelo y nutrientes. Cabe destacar, que los resultados más altos de conductividad eléctrica se logran visualizar a partir de los 60 cm de profundidad. Con esto se descarta que estemos en presencia de un suelo salino. De todas maneras, para la lectura de EEA INTA (Revista Ediciones, 2021), en cuanto a la CE, denomina ligeramente salino ($0,4-1,15 \text{ dS } m^{-1}$).

En conclusión, los valores correspondientes a la Tabla 4, no son problemáticos y coinciden con la calidad de agua que se utiliza para el riego. Sin embargo, es necesario poder conservarlos en el transcurso del tiempo ya que un mal manejo podría impactar en un aumento en los resultados. Para este fin sería muy importante mantener el buen drenaje del predio. Esto es muy importante ya que es fundamental aplicar las láminas de agua correspondientes en este caso de gran volumen, y conservar el drenaje para que las mismas sean lavadas del sistema. Ante algún defecto en el drenaje, lo que conlleve a una barrera en el escurrimiento del agua, puede caer en un aumento en la concentración de sales en el campo de juego. En base a las especies implantadas, como son la festuca o raigrás, no deberían presentar limitaciones en su crecimiento con estos valores de CE. Al respecto, en otros predios de la región se han observado valores de CE mucho más elevados que los observados en la cancha de Bella Vista.

Tabla 5: Valores de CIC y PSI (%) de la cancha Bella Vista. Sitios 1,2,3,4.

	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3		SITIO 4	
Prof. (cm)	CIC (me 100 g-1)	PSI (%)	CIC (me 100 g-1)	PSI (%)	CIC (me 100 g-1)	PSI (%)	CIC (me 100 g-1)	PSI (%)
0-20	11.8	26.44	11.9	23.73	11.7	27.03	12.4	29.14
20-40	11.3	32.96	13.2	21.41	13.7	20.92	12.5	19.57
40-60	12.3	18.8	12.4	19.73	12.3	18.76	13.7	16.06
60-100	12.2	35.38	13.5	27.02	11.2	18.24	11.2	17.22

Se observa en el Anexo I, que los valores de Na (me/100g) en la cancha de Bella Vista rondan desde 1,9- 4,3. En cuanto a los valores de K (me/100 g) toman valores desde 0,4-6,1. Estos datos, en específico el del sodio (me/100g) sirvieron para calcular el Porcentaje de Sodio Intercambiable (%). A partir de los valores mostrados en la Tabla 5, respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), se notan valores para los sitios muestreados entre 11,2- 13,7 confirmando la textura de este suelo franco arenosa, ya que los valores promedios para este tipo de textura rondan entre 5 – 10. Estos valores bajos de CIC, indican el alto el contenido de arena, la mayor susceptibilidad de pérdidas de nitrógeno y potasio por lixiviación y la baja capacidad de retener agua y nutrientes. Además, puede

notarse la relación directa que existe entre la CIC a las diferentes profundidades y el pH (Tabla 4), donde a medida que aumenta el pH aumenta la CIC. Según EEA INTA (Revista Ediciones, 2021), estos resultados se consideran regulares (5-20 meq/100 g) por lo que no presentarían una limitante para este suelo.

Por otro lado, se analizan los resultados del Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), donde confirman que en todos los sitios muestreados hay presencia de sodicidad. Todos los resultados dieron por encima del 15% que establece el USDA, lo que indica que en la cancha hay presencia de un suelo sódico. Esto es un problema porque a simple vista, cuando se realizó la recorrida no hubo indicios de rasgos característicos de sodicidad en el campo de juego, es decir, no hubo aparición de vegetación indicadora, ni eflorescencias negras en el suelo sumado a que no se encontraba tampoco un suelo muy duro en seco y muy plástico en húmedo.

El alto PSI observado en el suelo se relaciona con el Carbonato de Sodio Residual que posee el agua que se utiliza para regar, el cual tenía un valor muy limitante para su uso. Se podría suponer que estos niveles altos de PSI en el suelo, pueden deberse al uso del agua. A sí mismo, los valores de pH en el suelo que se mostraban en la Tabla 4, son producto del impacto del PSI en el suelo, donde el exceso de sodio produce la degradación de la estructura y un aumento del pH.

En conclusión, a pesar de que los resultados de PSI son altos, no se han evidenciado síntomas severos en la cancha, lo que puede deberse a varios factores: 1. Estar ligado a la textura del suelo, en este caso al ser franco arenoso existe menor efecto en la estructura del suelo. 2. Altos contenidos de MO que ayudarían a amortiguar los altos valores de PSI. 3. La permanencia del suelo húmedo puede disminuir el efecto en el césped. 4. La presencia de iones sulfato o cloruros que ayudarían a estabilizar la estructura del suelo. Respecto a las especies implantadas, la festuca es una especie semi tolerante a la sodicidad, y en este caso no se vió afectada.

De todas formas, luego de la confirmación de los problemas de sodicidad y a partir de los valores de PSI, es recomendable calcular las cantidades de enmienda a utilizar (yeso), con el fin de disminuir estos porcentajes. (Anexo III).

Posteriormente se procedió a determinar el contenido de materia orgánica (MO) del predio en estudio (Tabla 6).

Tabla 6: Valores de Materia Orgánica (MO) en %; Índice Materia Orgánica (IMO); Fósforo extraíble (PE) en g kg⁻¹. Se muestreo solo a 0 -20 cm de profundidad para sitios 1,2,3 y 4.

SITIO	Profundidad	% Arcilla + Limo	%MO	IMO	PE (ppm)
1	0-20 cm	28.4	3.47	12.22	9.4
2	0-20 cm	25.2	3.15	12.50	9.7

3	0-20 cm	26.9	3.05	11.34	7.3
4	0-20 cm	28.8	3.51	12.20	5.6

A diferencia de las tablas descriptas anteriormente, las mediciones de materia orgánica (MO) y fósforo extraíble (PE) se realizaron únicamente en los primeros 20 cm de profundidad. Esta decisión se fundamenta en que la capa superficial del suelo es donde se concentra mayormente la actividad biológica, la descomposición de residuos orgánicos y la absorción de nutrientes por parte de las raíces. En el caso del fósforo, su baja movilidad en el perfil edáfico hace que su disponibilidad esté restringida principalmente a esta zona, que coincide con la mayor exploración radicular. En cuanto a la materia orgánica, su acumulación y transformación también se dan predominantemente en esta capa, por lo que resulta representativa para el diagnóstico de fertilidad. Además, se calculó el Índice de Materia Orgánica (IMO), que relaciona el contenido de MO con la fracción fina del suelo (arcilla + limo), permitiendo evaluar la eficiencia relativa de la materia orgánica en función de la textura.

En base a la interpretación de la Tabla 6, se puede decir que es un suelo rico en materia orgánica, ya que posee un alto porcentaje en este parámetro lo cual oscila entre 3,05- 3,51 para los sitios muestreados. Por su parte, el IMO también dio un valor alto, y en el marco teórico todo aquel IMO mayor a 8 indica un suelo con buena calidad y estructura, con alta capacidad de retención de agua y nutrientes. En este caso el IMO, oscila con valores entre 11,34- 12,50.

Con respecto al fósforo extraíble (PE), para los sitios muestreados dieron valores alrededor de 5,6- 9,7 ppm, los cuales según Bray- Kurtz, la disponibilidad del fósforo en el suelo es muy baja (<12 ppm en suelos francos arenosos), lo que supone que la probabilidad de respuesta a la fertilización es alta.

Según EEA INTA (Revista Ediciones,2021), está bien provisto de materia orgánica, es decir abundante contenido (2-4%). En cuanto al contenido de fósforo extraíble es pobremente provisto (0,01-8 ppm), en algunos casos como los sitios 1 o 2, tienden a modernamente provisto (8-16 ppm).

En conclusión, respecto a la MO y IMO, al haber obtenido valores altos en ambos parámetros se puede dar entender que enmascaran los problemas de sodicidad del suelo, sumado al drenaje, lo que no permite que la misma se represente a simple vista y sea un problema para el campo de juego. Para este caso, si bien no se observan problemas actualmente a simple vista, habría que ver que sucede si se implantan especies más susceptibles. A pesar de ello, es deseable el enyesado para disminuir el PSI del suelo y poder mejorar el estado de la cobertura del campo de juego.

En cuanto al fósforo, hay déficit y en este caso es ideal la aplicación de este macronutriente, ya que las investigaciones en campos deportivos indican que los resultados de análisis de suelos deben indicar niveles de fósforo entre los 90-135 kg/ha (STMA,2012). Tomando como referencia estos niveles de

fósforo, para una cancha que tiene 7140 m², en promedio deberían indicar alrededor de 80 kg. Esto es importante saberlo, ya que el canchero comentó que ellos fertilizan solo con nitrógeno en base a la urea, es decir, aplican por mes una bolsa de urea al voleo de manera manual siendo un método muy poco eficiente y no se le está dando importancia al fósforo que es fundamental en la transferencia y almacenamiento de energía necesaria para la supervivencia, desarrollo de plántula y el establecimiento y crecimiento de la raíz de las especies implantadas. Según Nick Christians (Ph.D. Golf Course Management, febrero 1996), comenta que niveles entre 35 y 70 ppm de P disponible son necesarios para alcanzar una máxima respuesta al momento del establecimiento del césped, pero no de forma permanente, es decir, solo como arrancador y aclara que los requerimientos de fósforo para el césped rondan en valores entre 10-12 ppm. Por ende, es necesaria la aplicación de este macronutriente al campo deportivo mediante algún tipo de fertilizante granulado utilizando esparcidor o algún fertilizante líquido por medio de fertirriego o pulverización.

Por último, para la evaluación de propiedades físicas del suelo se procedió a la determinación de la resistencia a la penetración en el Sitio 4 (Tablas 7 y 8).

Tabla 7: Valores de Humedad Gravimétrica (%) para Sitio 4 de la cancha Club Bella Vista.

	Cápsula	Peso Cápsula	SH° + Cap.	SSE + Cap.	% Hº grav.
0-20 cm	31	3.4	18.68	16.30	18.42
20-40 cm	34	3.4	18.86	16.70	16.24

Tabla 8: Valores promedios de Resistencia a la Penetración (RP) en Mpa con sus 4 repeticiones, para Sitio 4 de la cancha Club Bella Vista.

	RP (Mpa)				
Prof.(cm)	R1	R2	R3	R4	Promedio
0-5	1.82	1.87	1.87	1.87	1.86
5-10	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
10-15	4.37	2.81	3.12	2.50	3.20
15-20	4.06	3.12	3.43	2.50	3.28
20-25	4.06	4.99	3.74	2.50	3.82
25-30	3.12	2.18	4.37	1.87	2.89

Luego de haber realizado la resistencia a la penetración en el sitio 4 de la cancha, se establece que de 0-20 cm de profundidad se obtuvo 18,42% de humedad gravimétrica (Tabla 7), y en promedio los valores de resistencia a penetración fueron en aumento cada 5 cm, donde se vieron valores de 1,86; 2,18; 3,20 y 3,28 Mpa (Tabla 8). De acuerdo a estos valores, desde los 5 cm de profundidad habría limitantes para el crecimiento de las raíces, a pesar de tener un alto contenido de humedad en el suelo,

ya que el valor umbral crítico es 2 MPa. A partir de 2 Mpa de resistencia a la penetración ya es restrictivo para el crecimiento radical, y a partir de 3 Mpa estaría cesando la absorción de agua por las raíces (Zerpa 2006).

Se concluye en base a estos resultados, una condición del suelo de moderada a severas restricciones hasta los 15 cm de profundidad, y prácticamente restrictivo para el enraizamiento de raíces a partir de los 15 hasta los 25 cm de profundidad. Por la textura del suelo que es franco arenoso, se hubieran esperado valores menores en la resistencia a la penetración ya que la humedad se mantiene en un estado ideal lo que esta alta resistencia puede ser causa de una compactación generada a lo largo del tiempo por el tránsito debido a la frecuencia de uso que tiene la cancha, y podría estar influenciada por los altos valores de PSI observados en todas las profundidades. Esto último hace referencia a la sodicidad, es decir, la presencia excesiva de sodio intercambiable (Na^+), donde el mismo dispersa las partículas por lo que deteriora la estructura del suelo provocando susceptibilidad a la compactación y aumento en la resistencia a la penetración.

Por otro lado, también se realizaron los análisis correspondientes al suelo relleno, y se pudieron obtener estos resultados:

Tabla 9: Granulometría del suelo relleno y fracciones de arena (%).

Arcilla	Limo	Arena				
6.6	13.6	79.8				
		AMG	AG	Am	AF	AMF
		6.7*	10.4*	11.2	23.6	28
Arenoso Franco						

Tabla 10: Análisis químicos del suelo relleno: CE (Conductividad eléctrica), pH, CIC (Capacidad Intercambio catiónico), PSI (Porcentaje sodio intercambiable), MO (Materia orgánica), IMO (Índice materia orgánica) y PE (Fósforo extraíble).

CE (dS m^{-1})	pH	CIC	PSI (%)	%MO	IMO	PE (ppm)
0.37	7.7	4.4	22.11	1.34	6.63	6.30

En la Tabla 9, se observan la distribución en porcentajes de la granulometría donde predomina con un 79,8% la fracción arena, seguida de 13,6% de limo y 6,6% de arcilla, adjudicando que presenta una textura arenosa franca con valores muy altos de arena que inciden en la menor retención al agua. Luego se notan en porcentajes las fracciones de arenas del suelo relleno. Cabe destacar que los valores de arenas muy gruesas y arenas gruesas dieron con grandes valores debido a que se consideró el caucho proveniente del lugar donde se extrae (*). Dejando de lado lo dicho, predomina las arenas muy finas y arenas finas. Este suelo relleno tiene como principal objetivo tapar los pozos o rellenar

desniveles generados en el campo de juego. Para este fin, no hay inconvenientes que se utilice, aunque no aporte una mejora en el suelo, es decir, utilizar un tipo de arena que contenga mayor proporción de arenas gruesas darían mejores condiciones al suelo. Para los predios deportivos, como canchas de golf, rugby y fútbol, es muy utilizada las arenas de sílice, caracterizada por su alto porcentaje de arenas gruesas, compuesto de dióxido de silicio y bajos niveles de óxido de hierro, lo que confiere alta pureza, dureza y resistencia al desgaste. Además, el uso de esta arena favorece a un mejor drenaje, evitando acumulación de agua y reduciendo la aparición de encharcamiento en el campo de juego. Evita la compactación y la pérdida de la porosidad del suelo, favoreciendo a la aireación. En el ámbito de jugabilidad, mejora la tracción de los jugadores y reduce riesgos de resbalones (Silica & Golf).

En conversación con el Ing. Agr. Ignacio Salas, comentaba que lo recomendable siempre es usar arenas gruesas, tanto para nivelación de pendientes o nivelaciones “finas” como tapar pozos. Esto tiene como fin evitar la compactación e impedir que se tapen los poros del suelo que pueden desembocar en problemas de infiltración. No obstante, remarca que las arenas provenientes de la región están lejos de los parámetros que se buscan, como son el alto contenido de arena gruesa, y sumado a que muchos clubes no tienen la posibilidad de poder adquirir esto, conviven con arenas de baja calidad. Además, aclara que muchos clubes utilizan arenas de río, provenientes de Entre Ríos (Argentina), caracterizada por su buena calidad y granulometría, aunque para esta zona adquirirlas es un impedimento ya que el costo de flete eleva su valor y los clubes no cuentan con un alto presupuesto.

Luego se visualizan los datos de la Tabla 10, respecto a la conductividad eléctrica (CE) y pH, según EEA INTA (Revista Ediciones, 2021), clasifica como no salino ($<4 \text{ dS m}^{-1}$) y moderadamente alcalino (7,4-7,8). En cuanto a la CIC es un valor bajo (4,4 meq/100g) y confirma su textura arenosa franca, ya que los valores promedios rondan entre 3,5 – 4 meq/100g.

El Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), da un valor de 22.11% lo que confirma presencia de sodicidad ya que es un valor mayor al 15% que establece el USDA. Esto es importante saberlo debido a que en los sitios muestreados también hay presencia de sodicidad, lo cual puede deberse a la calidad de agua y el agregado de esta arena afectando la estructura del suelo.

Por otro lado, el suelo relleno, brinda un valor pobre de materia orgánica, y un IMO bajo, lo cual su aporte en el sistema no genera significancia. Lo mismo ocurre con el contenido de fósforo (6,3 ppm), ya que es un valor bajo y no genera significancia alguna en el campo de juego.

Como conclusión, se recomienda el reemplazo del suelo relleno con alguna arena o suelo arenoso de mejor calidad, con el objetivo de propiciar mayor porcentaje de arenas gruesas que es el déficit que existe en la cancha. Este cambio sería muy beneficioso ya que, si bien la cancha no tiene problemas de drenaje, estaríamos aportando arenas gruesas que evitarían futuros encharcamientos o ayudarían a

mantener la macroporosidad en el campo de juego. Además, buscaríamos disminuir el agregado de sodio por parte del suelo relleno que el club utiliza.

Durante la recorrida que se realizó con el Ingeniero Agrónomo Ignacio Salas se hizo énfasis en la vegetación del campo de juego y se observó presencia de trébol (*Trifolium sp*), poa anual (*Poa sp*), gramilla (*Cynodon dactylon*), festuca (*Festuca arundinacea*), raigrás (*Lolium perenne*). En específico, en el sitio 1 se presenciaba diente de león (*Taraxacum officinale*) y llantén (*Plantago lanceolata*), las cuales son indicadoras de una frecuencia baja de corte. En el caso del sitio 3, había mucha presencia de gramilla, raigrás, festuca. Respecto al manejo de malezas, no aplican controles químicos frente a las mismas, si bien hay incidencia en la cancha, ya que la presencia de estas arvenses favorece la cobertura del suelo (Figura 32).



Figura 32: Reconocimiento de malezas. A la izquierda *Taraxacum officinale*, a su lado *Cynodon dactylon*, luego *Trifolium sp*.

En base a lo charlado con el asesor externo (Ing.Agr. Ignacio Salas) y en una conversación continua sobre las importancias sobre el manejo y análisis de los campos deportivos, concluimos que aún se debe seguir trabajando en estas problemáticas, ya que los clubes invaden con exigencias a los encargados (“cancheros”) de los campos deportivos para que se generen soluciones inmediatas, y se debe entender que se requiere paciencia con los cambios. Esto hay que remarcarlo, hay que saber que soluciones inmediatas, en el corto plazo y males gestionadas a la larga provocan más inconvenientes en la cancha, y no solo en lo visual, sino también en lo económico. Por eso es indispensable tener en cuenta el tiempo necesario para estos trabajos y se requiere colaboración de todas las partes para alcanzar los objetivos. A su vez, el club debe disponer de un buen capital para llevar a cabo estas medidas, ya que sin el mismo no se puede pensar en un cambio en el largo plazo.

Propuestas sobre Mantención y Manejo en la cancha Bella Vista

Luego de haber recorrido el campo de juego con el Ingeniero Agrónomo Salas, y evidenciar las malezas presentes, como así también el manejo comentado por el canchero del Club, concluimos que para alcanzar una mejora en el lugar se pueden establecer 2 manejos, uno en el corto plazo y otro en el largo plazo como para obtener un buen nivel en el campo deportivo, que beneficie tantos a los jugadores, buscando una adaptabilidad del juego mejor a la que existe, que evite futuras lesiones y donde la pelota fluya en un terreno uniforme, y otro enfoque desde la perspectiva de la visibilidad del juego por parte de los espectadores que se encuentren en una cancha con buena cobertura.

Con respecto al manejo en el corto plazo:

- Mejora en la frecuencia de corte: la presencia del llantén, diente de león y festuca con formación de matas, indican poca frecuencia de corte en el campo de juego, esto se debe evitar ya que si no se corta a menudo no se favorece la densidad del césped ni su crecimiento.
- Nivelación micro relieve: modificación de pequeñas irregularidades en el terreno como depresiones o desniveles evidenciados en las áreas, más precisamente en los puntos de penal y donde están los arcos, con esto nos enfocamos en crear una superficie más uniforme, lo que ayudaría también a formar un nivel mejor para el drenaje natural que tiene la cancha, mejorar el riego y facilitar las labores realizadas. Cabe recalcar que no puede utilizarse la arena de relleno que posee el club ya que no tiene buenas propiedades granulométricas y se debería conseguir, por ejemplo, arena de sílice, arenas de río o alguna de mejor calidad.
- Plan de fertilización: sabiendo que solo aplican urea es importante aplicar fósforo que es el déficit que predomina en el campo de juego. Es fundamental tener en cuenta la reposición de otros macro, meso y micronutrientes, como el potasio, calcio, magnesio, azufre, etc.
- Control de malezas: si bien brindan cobertura al suelo, compiten por recursos (luz, agua, nutrientes) con las especies implantadas como la festuca y el raigrás generando que no alcance su crecimiento óptimo en el sector.
- Ajustar el uso de juego: deben bajar las horas de uso por día, para que la cancha empiece a recuperarse, sobre todo evitar esforzarla al uso en lugares donde más gastada esta, como ocurre en las áreas.

Respecto al mediano-largo plazo:

- Automatización del riego: se busca la eficiencia en el uso del agua y la mejora en la calidad del césped, además de programar riegos precisos, acorde a las necesidades que tiene la cancha donde se ajusta la duración, frecuencia y horarios de riego, lo que resulta en un ahorro de agua y energía, así como reducción en costos de mantenimiento. También ofrece menos dependencia de mano de obra para el empleado del club, ya que el sistema actual de riego ofrece gran demanda de tiempo.
- Nivelación del terreno con respectiva bóveda y pendientes hacia los costados. Como previamente se había comentado esto es importante para favorecer al drenaje de la cancha, a su vez con esta medida se busca a mejorar la calidad de juego, prolongar la vida útil del césped, facilitar el mantenimiento y reducir el riesgo de lesiones que impactan en los jugadores. Desde la perspectiva externa, mejora la estética y profesionalismo.
- Adecuar el parque de maquinarias y recursos humanos. Por parte del parque de maquinarias, se refiere a que el Club debe empezar a invertir en maquinaria o el alquiler de ellas para funciones específicas, como son el tractor de corte, escarificadores/escalozadores y pulverizador, apuntando a la actualización del equipamiento físico del club. Estas 3 herramientas permiten dar frecuencia de corte, controlar malezas, fertilizar foliarmente evitando la aplicación de urea, es decir, aplicar de manera más balanceada, y en el caso de los escarificadores, buscar romper la compactación superficial en el suelo, promoviendo la aireación en el sistema. En relación con el capital humano, se busca la inclusión de capacitaciones al personal dedicado al mantenimiento de la cancha, la incorporación de nuevos perfiles para tareas específicas. Esto es importante, porque una persona sola no puede encargarse de realizar diversas tareas complejas, lo que conlleva a errores en el manejo. Por eso, se apunta a una reorganización de roles y funciones con el objetivo de que cada área funcione eficientemente.
- Agregado de enmiendas (yeso agrícola) para mejorar la condición estructural del suelo (Anexo III).
- Valorización del residuo orgánico como es el césped para realizar compostaje y poder utilizarlo como enmienda orgánica (Anexo IV).
- Mantención del drenaje natural que tiene la cancha. Ante cualquier cambio que se llegue a realizar en el campo deportivo, es fundamental saber que, si se ve afectado este drenaje, pueden aumentar los problemas en el terreno.

Con esto, se busca un ajuste del Club a su estructura física y humana para estar a la altura de sus objetivos, favoreciendo al rendimiento deportivo y profesionalismo de la gestión.

Según la guía de la STMA (Sports Turf Managers Association, 2012) para mantención de campos de fútbol internacional da a conocer las diversas prácticas culturales que deben implementarse para alcanzar un campo de juego óptimo. Entre sus claves al éxito, hace referencia al corte de los céspedes. El mismo es un factor importante y comenta que debe ser cortado a menudo, alrededor de 3 veces por semana durante la estación de crecimiento que mejorara la densidad del césped y sus condiciones. Además, habla de no cortar más de 1/3 de hoja del césped para eliminar el problema de escalpado. Si se corta más de 1/3 puede generar estrés en la planta y afectar su crecimiento. La altura de corte debe ser apropiada, para el caso de festuca sus tolerancias mínimas a máximas van de 38-76 mm; para raigrás perenne, 13-38 mm y en gramilla 13-51 mm. El uso de cuchillas afiladas también es fundamental en este parámetro porque genera un corte limpio y una planta más saludable, de no ser así provoca un impedimento del crecimiento y desgarramiento de las hojas, lo que conlleva a propiciar condiciones ideales para ingreso de enfermedades. Los recortes resultantes, no son necesarios eliminarlos de la cancha si se mantiene esta regla de 1/3, ya que son fuentes de nutrientes y tienen grandes cantidades de nitrógeno y potasio que pueden devolverse a los céspedes si se dejan en superficie. Para llevar a cabo esta tarea existen 3 tipos de cortadores de césped: cortacésped de carrete, cortacésped giratorio y desbrozadora.

Otra clave es la fertilización, la cual comienza con un análisis de suelo para analizar los nutrientes que tenemos en el campo de juego. La aplicación de nitrógeno se centra en el crecimiento del césped y la recuperación del mismo. Para un crecimiento activo, los céspedes necesitan aproximadamente 2,4-5 g de N por m², asegurando con ello la alimentación continua y salud de la planta con capacidad de aguantar presiones ambientales. Es fundamental fertilizar durante la época apropiada del año, siendo primavera y otoño los meses óptimos. Además, se requiere que las aplicaciones con fertilizantes sean calibradas previamente para asegurar que la cantidad correcta de nutrientes esté siendo aplicada al área correcta, reduciendo gastos innecesarios y manteniendo los céspedes sanos.

La resiembra por su parte también aporta al éxito del campo de juego donde se recomienda una siembra a menudo utilizando sembradora rotacional o gravitatoria con el fin de reducir las áreas con escasa o nula cobertura. El raigrás es una de las mejores opciones para resiembra en medio de las temporadas porque germina y madura muy rápido. Además, los campos de juego con uso excesivo deben ser resembrados con raigrás perenne. Es importante llevar a cabo esta actividad en áreas altamente utilizadas o desgastadas, donde se utiliza más semilla a intervalos frecuentes para mantener la densidad de los céspedes e incrementar la posibilidad de crecimiento y establecimiento. Los índices para sembrar semilla a manera internacional son entre 50-100 g/m² y pueden ayudar a la recuperación rápida de áreas descubiertas. Los índices de siembra para semilla recomendada para raigrás perenne son de 20-30 g/m² y para festuca alta 25-40 g/m².

En cuanto al riego, asegura el suministro adecuado de humedad para el crecimiento de los céspedes, mantiene suficiente humedad superficial para promover la germinación de semillas y modifica las temperaturas en el tejido de los céspedes en días calurosos. Se debe regar según sea necesario, pero comúnmente los céspedes necesitan de 25- 30 mm de agua (ya sea por medio de riego o precipitación) por semana. El mejor momento para regar los céspedes es temprano en la mañana entre las 4:00 a.m. y las 9:00 a.m. La mañana es el tiempo ideal porque reduce las posibilidades de enfermedades y la pérdida de agua por evaporación debido a las temperaturas bajas, la menor luz solar y la leve velocidad del viento. Regar al medio día no es eficiente porque la pérdida de agua a través de evaporación es más alta (hasta un 50%). Al aplicar agua en céspedes, el índice de riego no debe exceder el índice de infiltración de la tierra, de no ser así ahogar a los céspedes pueden causar que estos no sean saludables, haya un incremento de malezas, enfermedades, problemas de insectos, escurrimiento/lixiviación de nutrientes y pesticidas, agua estancada y compactación.

La aireación es una de las medidas fundamentales para alcanzar el éxito en el manejo de campos deportivos. Se debe airear frecuentemente con el fin de reducir la compactación en el suelo. El uso de púas huecas es la forma más efectiva de airear, el combinado de púas largas y menos espaciadas entre ellas conduce a mejores resultados. Existen otros métodos de aireación complementarios como el verticorte, slicing, spiking y la inyección de agua. Es fundamental, evitar condiciones de humedad extrema o sequia para airear. Los bocados remanentes luego de la aireación deben ser devueltos al suelo por medio de una malla de arrastre. También previo a la aireación puede aplicarse compost que trae beneficios como la retención de nutrientes y la actividad microbiana, junto con mejorar la estructura del suelo. La aplicación anual de compost mejorará la densidad y el color del césped, incrementará el crecimiento de las raíces y reducirá la necesidad de fertilizar y regar. La combinación de fertilización y siembra con aireación es muy eficiente luego de incorporar los bocados de suelo o de realizar un topeo. Cabe destacar, que todas las prácticas de aireación deben realizarse cuando el césped está en crecimiento activo. La aireación no debe ser aplicada en periodos de estrés o crecimiento lento.

Existen prácticas culturales que favorecen a la reducción del desgaste en el área, como la utilización de la mitad de una cancha en una temporada y luego cambiar hacia la otra mitad en la segunda temporada. Además de no permitir prácticas de cualquier tipo en el área de portería, como son por ejemplo las prácticas de penales, ejercicios de pelota parada, entre otros, y la reserva de estas mismas áreas solamente para temporadas de juego.

Conclusiones y consideraciones finales

La calidad del agua en predios deportivos tanto en Bahía Blanca y la zona, emerge como un componente crítico, ya que las condiciones del agua utilizada para riego en la región no son las óptimas encontrándose valores de CE, pH, RAS y CSR que pondrían en riesgo el estado tanto del 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 factor 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.

A lo largo de esta experiencia laboral he aprendido a organizarme con los datos recopilados, a comunicarme con las personas que trabajaba estableciendo charlas para interpretar resultados y llegando a conclusiones para dar una respuesta. Esto me enseñó a su vez, a ser criterioso a la hora de analizar diferentes situaciones problemáticas y poder comprender el por qué de muchas actividades realizadas tanto a campo como en laboratorio. Aprendí nuevas prácticas de muestreo, actividades de laboratorio e interpretación de datos que serán de gran utilidad para el día de mañana. Destaco lo fundamental que es realizar todas estas actividades previas a dar una evaluación del problema existente ya que es la base del fundamento para tomar una decisión mediante los datos obtenidos y analizados.

La creación de vínculos entre profesionales externos al ámbito universitario y la universidad es una de las cuantas características que tiene esta experiencia laboral promoviendo diversas actividades beneficiosas para ambas partes, como así también la inserción de estudiantes al mundo laboral.

Por último, remarco que aún falta mucho por descubrir, analizar, aprender y desarrollar sobre estos temas, en específico sobre el manejo en campos deportivos. La información sobre esto es muy compleja e instalar nuevas miradas o proyecciones en este eje para canchas que hace años se manejan de cierta manera es muy complicado. Hoy en día, los mismos encargados buscan ser escuchados, requieren de personas que oigan sus problemas e inconvenientes y les den una solución. Es una cuestión que se logra con tiempo, no quiere decir que sea imposible, pero es estar acompañándolos en el proceso. Hay que empezar a dejar de lado la idea de obtener buenos resultados en el corto plazo, los buenos manejos tienen su visión a largo plazo por lo que se requiere de tiempo y paciencia y es lo que debe instalarse.

Bibliografía

- Cátedra de Evaluación y Manejo de Suelos 2023. Universidad Nacional del Sur. Vázquez M. (2017). Degradación y rehabilitación de suelos. Catedra Evaluación y Manejo de suelo. 2024.
- FAO. (2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations). Disponible en: <https://www.fao.org/home/es>.
- Guía de la STMA para la mantención de campos de fútbol internacional (www.stma.org)
- GUÍA PARA ACTIVIDADES SOBRE FERTILIDAD DE SUELOS Y FERTILIZANTES. EdiUns. 2017
- INTA EDICIONES 2021. Colección Recursos. EEA INTA San Luis. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/10639/INTA_CRLaPampa-SanLuis_EEASanLuis_Hurtado_P._Que_expresan_los_resultados_de_un_analisis_de_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- La importancia del P en la nutrición de los céspedes, Nick Christians, Febrero 1996. <https://www.aag.org.ar/la-importancia-del-p-en-la-nutricion-de-los-cespedes/>
- Manejo y Conservación de Suelos. Con especial énfasis en situaciones argentinas.
- Minoldo , G., Laurent, G., Iglesias, J. O., Miglierina, A., & Garcia, R. (2022). Manual de Métodos Básicos de laboratorio para análisis para suelos y aguas. Bahía Blanca.
- Minoldo, G., Iglesias, J. O., & Comezana, M. (2023). Guía de trabajos prácticos. Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas. Propiedades químicas de suelos. Bahia Blanca.
- Mormeneo, I. Caracterización climática de Bahía Blanca. En <http://agrometeorologia.criba.edu.ar> (28-03-2014).
- Propuestas de compostaje: <https://www.wegozero.co/grass-composting-sports-stadiums/>
https://www.pitchcare.com/blogs/news/composting-recycling-the-golf-course?srsId=AfmBOoq8uSar-PvnhF21JsPJtalEdqj27blUFdMWKGvpbErTbSQr0yu_
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/manual-de-uso-del-yeso-agricola> (INTAGRI S.C.)
- Rhoades, J. D. (1996). Electrical conductivity and total dissolved solids. En J. D. Rhoades, Methods of soils analysis (Vol. 3). Madison, WI, USA.
- Richards, L. (1931). Capillary Conduction of Liquids Through Porous Mediums.

Richards, L. (1954). Suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura N° 60. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América.

Robinson, G. (1922). A New Method For the Mechanical Analysis of Soils other dispersions.

Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). GEOGACETA,2005. <https://www.tecnoriegovalley.com.ar/uploads/utilizacion-de-la-clasificacion-de-riverside-3218.pdf>

Soluciones para campos de golf (2018). <https://www.silicagolf.com/arena-silica/arena-para-canchas-deportivas-futbol-beisbol-voleibol/>

Suarez, D. L. (1996). Berilium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. En D. L. Suarez, Methods of soils analysis. Madison, WI, USA

Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. En G. W. Thomas, Methods of soils analysis. Madison, WI, USA.

Anexos

1. Valores de Cationes Intercambiables para obtener PSI (%)

Tabla 11: Valores de Na y K (me/100g) para los sitios muestreados.

	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3		SITIO 4	
Prof. (cm)	Na me/100g	K me/100g	Na me/100g	K me/100g	Na me/100g	K me/100g	Na me/100g	K me/100g
0-20	3.1	1.7	2.8	2.9	3.2	6.1	3.6	5.6
20-40	3.7	3.5	2.8	1.2	2.9	1.2	2.5	1.3
40-60	2.3	1.2	2.5	1.1	2.3	1.1	2.2	1.2
60-100	4.3	2.3	3.6	1	2	0.4	1.9	0.6

$$PSI = \frac{\text{Na Intercambiable}}{\text{CIC}} \times 100$$

2. Presupuesto Villa Mitre “El Fortín”

Como rol del Ingeniero Agrónomo, no solamente su labor se traduce a lo que es el manejo, en este caso, de un predio deportivo o a tareas como son las observaciones o recomendar cuanto fertilizante aplicar, entre otras. También se lo vincula a brindar asesorías y realizar presupuestos como son los análisis en laboratorios, tanto químicos y físicos, para poder informarse y obtener datos sobre el lugar donde se establece.

Ante el pedido del asesor externo y con el objetivo de poder integrar al estudiante al desarrollo de criterios de una situación laboral que ocurre constantemente para un Ingeniero Agrónomo, se llevó a cabo la elaboración de un presupuesto para el muestreo y realización de determinaciones en laboratorio de la cancha principal del Club Villa Mitre “El Fortín” (Figura 33), con el objetivo de obtener un valor aproximado de lo que saldría realizar distintas mediciones en la cancha, aparte de lo que sale el trabajo de un agrónomo en estas tareas.



Figura 33: Cancha Club Villa Mitre “El Fortín”.

Cabe recalcar que el siguiente presupuesto fue realizado el 9/5/2025, con precios acorde a esa fecha y extraídos de EEA INTA Hilario Ascasubi (Laboratorio de Suelos y Agua), por lo que pueden existir variaciones en cuanto a los costos, lo que, al día de la fecha probablemente varíen los mismos precios.

Muestreo de Suelos y Agua

Cancha Villa Mitre: 3 sitios representativos
0-20; 20-40; 40-60; 60-100; 100-150??; 150-200??
Precios de Analisis de INTA Ascasubi (Mayo 2025)

Propiedad	Cant.	Precio unitario	TOTAL	Observaciones
Agua	1	\$ 12.000,00	\$ 12.000,00	
Textura	12	\$ 7.500,00	\$ 90.000,00	Podrian ser 6 muestras (0-20 y 20-40 cm)
pH	12	\$ 5.000,00	\$ 60.000,00	
CE	12	\$ 6.000,00	\$ 72.000,00	
Cationes intercambiables	12	\$ 14.000,00	\$ 168.000,00	
CIC	12	\$ 16.000,00	\$ 192.000,00	
Fosforo extraible	3	\$ 8.000,00	\$ 24.000,00	Solo en 0-20 cm
Materia organica	3	\$ 10.000,00	\$ 30.000,00	En 0-20 cm, tambien se podria en 20-40 cm
		TOTAL	\$ 648.000,00	

Figura 34: Presupuesto realizado en mayo 2025 para la cancha “El Fortín”.

En la Figura 34 se pueden evidenciar los costos para cada medición. La idea fue tomar 3 sitios representativos como un número mínimo de sitios para una cancha de futbol, donde se tomen muestras de suelos a 0-20, 20-40, 40-60, 60-100 cm. Además, se puede notar que, en observaciones, con el propósito de abaratar costos, se tuvo en consideración realizar solo 6 muestras (0-20 y 20-40 cm) ya que esta cancha tiene un historial sobre análisis en suelo que se habían realizado años anteriores.

Dentro de las mediciones de suelo, se miden textura, pH, Conductividad eléctrica (CE), Cationes Intercambiables, Capacidad Intercambio Catiónico, Fósforo extraíble solo a los 20 cm y materia

orgánica también a los 20 cm y se podría agregar en 20-40 cm si el club así lo desee. No obstante, se realizaría un análisis de agua.

El total solo en análisis en laboratorio es de \$648.000. Cabe destacar que en este valor no se contempla el día de trabajo del Ingeniero Agrónomo y de cualquier persona que lo ayude. Este valor restante lo evaluaría el Ingeniero que lleve a cabo este trabajo en base a lo que establezca el CIAFBA (Colegio de Ingenieros Agrónomos y Forestales de la Provincia de Buenos Aires). Para la fecha una jornada a campo para un Ingeniero Agrónomo según CIAFBA es de 200 agro x \$1700, dando un total de \$340000. Es decir que el club aproximadamente debería destinar alrededor de \$988000.

3.Cálculos para Encalado

Dentro de las prácticas de manejo con el objetivo de corregir el Porcentaje de Sodio Intercambiable, existe un método químico denominado encalado donde el objetivo principal es la sustitución del sodio por calcio de los sitios de intercambio. Son válidas las aplicaciones de sulfato y cloruro de calcio, como también de yeso agrícola o cal dolomítica.

Para esta situación se procedió a realizar el cálculo de dosis de enmienda, con la siguiente formula y tabla:

$$\text{Dosis (me Ca}^{2+} / 100\text{g)} = ((\text{PSI}_i - \text{PSI}_f) \times \text{CIC}) / 100$$

Se realizo un promedio del PSI a los 20 cm de profundidad, donde dio un valor de 26,58% y un promedio del valor de CIC que dio 11,95 cmol/kg. A su vez, se quiere alcanzar un PSI final deseado de 8% y la densidad aparente estimada es de 1,25 g/cm³.

Con esto se realiza el cálculo:

$$\text{Na a reemplazar (me.100g)} = ((26,58 - 8) \times 11,95) / 100 = \mathbf{2,2 \text{ me.100g.}}$$

$$\text{Kg de Suelo} = \text{DA} \times \text{Prof.} \times 10.000 = 1,25 \times 0,20 \times 10.000 = \mathbf{2500 \text{ Mg/ha}}$$

Considerando que 1 meq de Na se elimina con un meq de yeso agrícola, donde este último pesa 87 mg, se necesita agregar 2,2 x 87 por cada 100 gramos de suelo. Esto equivale a **1,914 kg de yeso por ton de suelo.**

Luego se lo debe multiplicar por los gramos de suelo de nuestra cancha, entonces 1,914 kg de yeso x 2,5 tn de suelo = **4,785 tn/ha.**

Para el caso en análisis, la cancha tiene una superficie de 7140 m², lo cual su aplicación sería de **3,41 tn de yeso.**

El objetivo de la aplicación de yeso agrícola es la mejora de la estructura del suelo impactando en beneficios para la infiltración y percolación del agua, y evitando la compactación. El yeso puede aplicarse en forma sólida o disuelto en el agua de riego. Cuando se utilizan polvos o gránulos se pueden aplicar directamente en la superficie del suelo utilizando esparcadoras. Debe evitarse la aplicación de yeso en polvo cuando hay condiciones de fuertes vientos. Las aplicaciones de otoño normalmente son favorables en relación a otras épocas. (INTAGRI S.C.)

4.Propuesta para Gestión de los Residuos

Introducción

En la búsqueda de la sostenibilidad, los estadios deportivos de todo el mundo están adoptando prácticas innovadoras como el compostaje de césped, con el fin de reducir los residuos y disminuir el impacto ambiental del manejo de los predios.

El compostaje es un proceso biooxidativo controlado que involucra un sustrato orgánico heterogéneo, una etapa termofílica de reducción de patógenos y semillas de malezas, y una etapa de maduración de degradación de sustancias fitotóxicas, que finaliza en un producto inocuo, estable y maduro. (Mazzarino,2012).

En el contexto de los estadios deportivos, el compostaje representa una solución práctica para gestionar los residuos de forma eficaz. Grandes cantidades de césped se cortan regularmente y pueden contribuir a la salud general del suelo en lugar de acabar en un relleno sanitario. Los beneficios que pueden traer a los campos deportivos se caracterizan principalmente por la reducción de los residuos, mejora de la salud del suelo, aportando nutrientes y mejorando el crecimiento y resistencia del césped. Además, el uso del compost aumenta la capacidad de retención de agua lo que se traduce en que para mantener el césped se requiere menos agua impactando en un ahorro de agua en el largo plazo y una reducción de los costos. Desde el punto de vista económico puede reducir los gastos en enmiendas y fertilizantes.

Implementar y dar a conocer iniciativas ecológicas como el compostaje de césped puede mejorar la reputación de un predio deportivo y fomentar la participación de la comunidad. También se pueden integrar programas educativos sobre compostaje y sostenibilidad en las visitas guiadas y eventos de la cancha, promoviendo la conciencia ambiental.

Objetivo General:

Realizar una propuesta para la gestión y valorización del corte del césped de la cancha principal del Club Bella Vista y obtener una enmienda orgánica de calidad por medio del compostaje.

Objetivos Específicos:

- ✓ Planificar la construcción de una zona de compostaje, llevando a cabo un seguimiento del compost con un enfoque en las normativas vigentes e informando a los personales de las tareas que deben realizar.
- ✓ Diseñar un plan operativo de la gestión diaria de la planta de compostaje

Análisis de Marco Legal: Normativa Vigente

Dentro de las normativas vigentes en el marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost, la resolución Conjunta 1/19, dependiente del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible y SENASA, regula el compostaje de residuos orgánicos en Argentina, estableciendo parámetros técnicos y requisitos para la producción de compost tipo A y B. Estos tipos de compost están definidos según la calidad del material final y sus posibles usos, como en agricultura, parques y jardines, o incluso como cobertura de suelo. El compost tipo A es de mayor calidad y puede utilizarse en contacto directo con cultivos comestibles, mientras que el tipo B tiene usos más restringidos debido a su menor calidad.

La resolución destaca que este tipo de residuos orgánicos deben ser separados en origen y debe tener una recolección diferenciada para garantizar la calidad del compost final. Aquellos residuos que no cumplen con este requisito no pueden ser utilizados para compostaje bajo esta normativa, ya que la mezcla de materiales contaminantes o inadecuados podría comprometer la seguridad y los estándares del producto.

Para cumplir con esta regulación, se debe implementar un sistema efectivo de separación y recolección diferenciada, con el fin de que no se mezclen con otros residuos que podrían ser contaminantes o que tengan patógenos.

Además, es fundamental que el proceso de compostaje cumpla con las condiciones técnicas especificadas en la normativa para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Si los residuos no llegan con las condiciones mencionadas en un principio, no se podrá procesar como Clase A o B, por lo que ya no califica para certificar mediante esta normativa el compost que producen.

Análisis de la situación

A partir de las conversaciones con el canchero del Club Bella Vista se accedió a información sobre el manejo actual del césped en este predio y a partir de allí, se iniciaron las respectivas estimaciones y cálculos para la propuesta del plan de gestión.

Los volúmenes de césped presentan una importante estacionalidad en el año. En los meses de otoño-invierno, se realizan 2 cortes por semana y extraen alrededor de 3 bolsas de consorcio. Respecto a primavera-verano donde realizan 3 cortes por semana y pueden extraerse aproximadamente 5 bolsas de consorcio. Cada bolsa de consorcio es de 60 x 90 estimativamente, tiene 30 litros de volumen y un peso promedio de 10 kg.

En base a esta información, se pueden estimar los litros de césped que se obtienen en cada estación. Para las épocas de otoño-invierno, obtienen 180 L/ semana, lo que da 784 L/mes. En cuanto a épocas de primavera-verano, obtienen 450 L/semana, lo que da 1962 L/mes.



Figura 35: Césped cortado del predio desechado en la vía pública.

Para el análisis de la situación se procedió a realizar un análisis FODA de la gestión de los residuos de césped del predio (Tabla 12).

Tabla 12: Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de la gestión de los residuos de césped del predio Club Bella Vista.

Fortalezas	Oportunidades
Maquinarias para cortar césped y recolectarlo	Posibilidad de ser pionero en el compostaje del césped en la región y el país.
Espacio para llevar a cabo compost	Establecer contactos con otras instituciones
Disposición de agua para regar pila de compost	Mejorar la calidad de césped por la aplicación de compost de calidad
	Incentivar a otros actores en la gestión de los residuos orgánicos.
	Disminución del uso de fertilizantes sintéticos
Debilidades	Amenazas
Poca concientización de la gestión de residuos por parte de los dirigentes	Dependencia para adquirir chip de poda.
Escasez de recursos	Proyecto a largo plazo que necesita continuidad
	Compromiso de dirigentes y otros miembros del club.

Metodología de Valorización

Analizando la Tabla 13, se describen las características del césped y chip, que van a ser los dos residuos para el compostaje. Para ello, se realizaron los cálculos con el fin de tomar una relación 25:1, y se llegó a la conclusión que para los volúmenes de césped que obtenemos, la relación que se genera es que cada 1000 kg de césped necesitamos 309 kg de chip o cada 1 m^3 de césped necesitamos 0,98 m^3 de chip (Anexo).

A partir de la relación obtenida, y sabiendo que en todos los meses no se obtiene la misma cantidad de césped debido a la estacionalidad, se plantea armar 2 ciclos de compostaje durante el año. El primer ciclo, arranca en enero y finaliza en Julio. El segundo ciclo comenzará en Julio y finalizará en diciembre. Esto tiene como fin trabajar de una manera más organizada y cómoda, con el objetivo de que cuando termine la recolección del primer ciclo y se comience a compostar, haya espacio para comenzar la recolección del otro ciclo y así sucesivamente, año tras año.

Tabla 13: Características de Césped y Chip (H: Humedad; C: Carbono; N: Nitrógeno; C/N: Relación carbono-nitrógeno; DA: Densidad Aparente).

	CÉSPED	CHIP
H (%)	75	19
C	44	55.9
N	3	1
C/N	14.7	55.9
DA (Kg/cm)	0.8	0.25

El volumen total de la pila es de 16382 L, que equivale a 16,32 m^3 . Cabe recalcar que obtenemos alrededor de una relación 1:1 entre el césped y chip.

Teniendo en consideración las instalaciones del lugar, con el fin de estandarizar el ingreso de césped, el correcto cumplimiento y seguimiento de la etapa termofílica (puede llegar hasta 70 grados) y analizando la cantidad en kg que pueden extraerse, la propuesta como metodología de compostaje es la construcción de 4 boxes de cemento con techo de chapa y una platea inferior, donde se aloje la pila de compost. Las medidas para estos 4 boxes serían de 3 metros de ancho, 1,5 metros de altura para tener posibilidad de voltearlo y 3 metros de largo en la zona superior del techo. El establecimiento de este box se pensó para el área que se encuentra al lado de la cancha de Bella Vista lo que abarcaría 72 m^2 .



Figura 36: Esquema de los boxes de compostaje

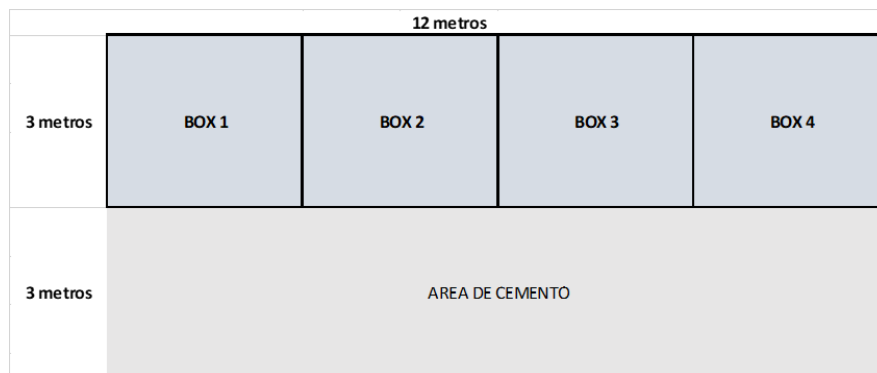


Figura 37: Dimensiones de los boxes de compostaje

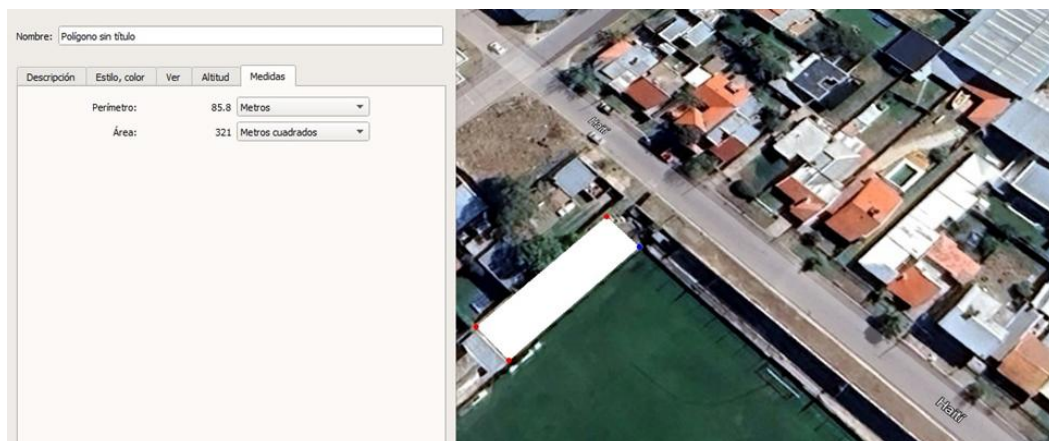


Figura 38: Área del Club Bella Vista donde se abordará este proceso.

Propuesta de funcionamiento de las pilas de compostaje

Durante el proceso de compostaje, la pila atraviesa cuatro etapas sucesivas: mesofílica inicial, termofílica, mesofílica secundaria y madurez, hasta alcanzar la obtención de una enmienda orgánica estable. Las dos primeras fases son determinantes para el éxito del proceso. En la etapa mesofílica inicial, se produce una acidificación del pH y la temperatura comienza a incrementarse. Además, esta

etapa se caracteriza por la degradación de compuestos más lábiles. A continuación, en la fase termofílica, la temperatura puede alcanzar hasta 70 °C, favoreciendo la eliminación de patógenos. En esta etapa se intensifica la actividad microbiana, se degradan compuestos como ceras, hemicelulosas y polímeros, y el pH se estabiliza entre 8 y 9. Posteriormente, en la segunda fase mesofílica, la temperatura desciende por debajo de los 50 °C y el pH se sitúa entre 7 y 8. En esta etapa se inicia la formación de humus, se observan procesos de polimerización y se incrementa la presencia de mesofauna. Finalmente, en la etapa de madurez, la pila alcanza el equilibrio térmico con el ambiente y el pH se mantiene estable, indicando la estabilización del material compostado y su aptitud para ser aplicado como enmienda orgánica.

A partir del 1° de Enero, cada vez que se corte el césped, el mismo debe ir siendo acumulado en el primer box de la compostera. Para cada recolección, sabiendo que existe una relación aproximada de 1:1 entre el césped y el chip, se debe agregar la misma cantidad de césped que de chip, es decir, que cada vez que se vaya acumulando el césped se debe agregar en simultaneo el chip. Una vez alcanzado el 1er día del mes de Julio, finaliza la recolección de la primera etapa y se arranca acumular en el 3er box, la segunda etapa de la misma manera hasta diciembre.

Respecto al manejo de la primera etapa, una vez establecida la pila al mes Julio, se debe realizar un riego eficiente y continuo para mantener el contenido de humedad durante el proceso de compostaje. Es importante regar las pilas antes del proceso de maduración y durante las fases iniciales y termófilas del compostaje, en estas etapas hay mayor actividad microbiológica y mayor generación de calor. Esto favorece a una descomposición rápida. Una vez que las pilas alcanzan la etapa de maduración, que es la zona donde la pila se equilibra temperatura ambiente, el riego debe detenerse ya los microorganismos se encuentran con menor actividad y el material compostado empieza el proceso de estabilización. Respecto a la frecuencia del riego, se puede realizar cada 3 días para mantener la humedad. Con temperaturas muy altas se puede aumentar la frecuencia de riego y en el caso de semanas de lluvias frecuentes, se puede reducir. Además, se puede utilizar los lixiviados para regar las pilas, provenientes de la canaleta inferior donde se acumulan los mismos en los boxes.

El control de humedad y temperatura debe realizarse al menos 2 veces a la semana, a partir de la 1er semana de Julio. Si en esos controles la temperatura superara los 60°C, debe realizarse un volteo a la pila de compostaje para generar aireación y bajar la temperatura, ya que la misma debe encontrarse en temperaturas menores a 60°C en etapa termofílica y mesofílica. En base al marco teórico se debe realizar al menos 5 volteos, por lo que se propone realizar 1 volteo cada 8 días, a no ser que ocurra lo que se comentó con respecto al aumento de temperatura (>60%). Una vez alcanzada la etapa de madurez, no se voltea más. Es importante mantener liberado el box 2 para poder realizar estos volteos.

Con este calendario, donde se relaciona la frecuencia de riego, medición de temperatura y humedad y los volteos propiamente dichos, se busca llegar al 31 de octubre con un compost maduro y estabilizado, con el objetivo de que en noviembre el mismo sea tamizado (5 mm), y en diciembre quede a disposición de su aplicación en el campo de juego, donde podrá aplicarse de manera distribuida con el uso de alguna maquinaria o de forma manual. Al 31 de diciembre ya se alcanza la recolección de la 2da parte del ciclo, donde se seguirá con este mismo método para esta 2da pila de compostaje, donde de enero a mayo se alcance el compostaje para que en junio se tamice y en Julio se aplique. Cabe recalcar que, al encontrarnos en meses más fríos, se deba hacer hincapié en tomar y medir muy bien temperatura y humedad, y analizar la frecuencia de los riegos. En el momento que el primer y segundo box del primer ciclo se desocupa al 31 de diciembre, queda disponible para comenzar la recolección de la primera etapa del próximo año correspondiente de enero-julio.

Hay que destacar que del volumen inicial que se toma al inicio que es de 16 m³, tras el proceso de tamizado, se obtendrán aproximadamente 4,8 m³ de compost, debido a que sufre una reducción al 30% durante este proceso. El material residual, que queda sobre el tamiz, podrá reutilizarse como estructurante en el nuevo ciclo.

Inversión y Mano de Obra

Como el volumen total por pila es de alrededor 16 m³, es posible realizar el volteo de forma manual. En cuanto a los operarios va ser fundamental brindarles su seguridad, como la botas para el trabajo, mameluco, barbijo, guantes, faja, gafas y que puedan acceder a utilizar el termómetro para llevar a cabo las mediciones. Para esta situación pueden necesitarse 2 operarios, donde uno este fijo (el canchero que actualmente trabaja en el predio) y otro de manera temporal. El operario fijo, se deberá encargar de cortar el césped, llevarlo a la compostera (tareas que actualmente realiza), agregar el chip, medir la temperatura y humedad y regarlo. En cuanto al operario temporal, estará a cargo de los volteos de la pila y de la última etapa del proceso que es el tamizado y la distribución en el campo de juego. Cabe recalcar, que el volteo para este volumen de pila puede llevar alrededor de 4-5 horas, por lo que sería una jornada completa de trabajo para el operario temporal.

Como el club no dispone una chipeadora, se estima el valor que puede destinar a la compra del chip para la realización de este proceso de compostaje. El m³ de chip en Bahía Blanca ronda en un valor de \$70000, por lo que, si en un año necesitamos 16 m³ el valor, sería de \$1120000. De todas maneras, se podría hacer la compra solamente de 10 m³ ya que luego del tamizado se puede volver a reutilizar el mismo y en este caso, el valor sería de \$700000. Respecto al tamiz de 5 mm, ronda en un valor de \$50000 con una composición de madera y metal galvanizado.

Producto obtenido

El principal producto generado a partir del proceso de compostaje es una enmienda orgánica llamada compost, un material orgánico estabilizado y enriquecido con nutrientes. Para comprobar que el compost sea de buena calidad se puede realizar un bioensayo de raigrás donde se evalúa la fitotoxicidad y calidad del compost utilizando al raigrás como organismo modelo, a través de pruebas de germinación y crecimiento. Este método consiste en exponer las semillas a extractos o diluciones de compost y medir la germinación y/o el crecimiento de las plántulas. Si la germinación y el crecimiento del raigrás son comparables o superiores a los del control, indica que el compost es estable, no es fitotóxico y puede ser seguro para su uso en cultivos. Si la germinación o el crecimiento son inhibidos en comparación con el control, sugiere que el compost podría contener sustancias tóxicas. Se esperaría un compost de buena calidad ya que la mezcla es de chip y césped. De todas maneras, se debe realizar los análisis químicos del compost que se obtiene por cada ciclo, en base a la calidad agronómica (pH, Conductividad Eléctrica, relación carbono- nitrógeno) ya que un mal manejo durante el desarrollo de este proceso puede impactar en el compostaje final y aplicarlo al suelo de forma inmediata sin saber en qué condiciones se encuentra podría ser un problema.

Uso del producto obtenido

El compost generado tiene diversas aplicaciones que contribuyen tanto al manejo sostenible de los residuos, como a la mejora de la calidad de los suelos para utilizarlo como enmienda orgánica. Para esta situación en particular, los impactos positivos de este tipo de enmienda orgánica involucran la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos, incentivando de cierta manera una reducción de costos por parte de los fertilizantes. Además, este tipo de prácticas, fomenta las actividades sostenibles e incentiva a todos aquellos clubes que se ven limitados a la compra de fertilizantes y con esta opción pueden trabajar en tener una enmienda orgánica realizada con recursos del propio lugar, como es el césped. La idea como eje principal es su uso destinado al campo de juego siendo desparramado de manera manual para favorecer al contenido de nutrientes en la cancha y mejorar características edáficas del lugar a lo largo del tiempo.

Recomendaciones y consideraciones finales

Obtener un buen producto final consta de una adecuada gestión del procesamiento realizado por el personal del club, por lo que se puede sugerir:

- Incorporar una chipeadora al club, cuya función principal sería triturar ramas, hojas y otros desechos de poda en pequeños fragmentos, reduciendo su volumen y facilitando su manejo y reciclaje. Esto podría ser una opción en caso de no querer depender de la compra del chip. Tener en cuenta que se requieren por año 10 m³ de chip.

- Capacitación continua del personal, lo que incluye programas de formación para el personal en las mejores prácticas de gestión de residuos, compostaje y mantenimiento de equipos.
- Separación eficiente, es decir, saber que solo el compost va realizarse con césped y chip. De este modo aumenta la eficiencia operativa y mejora la calidad del compost final.
- Destinar algunas de las tareas durante el proceso de compostaje a las inferiores del club o allegados, como los socios para que conozcan de este proceso, sean incentivados para que lo repliquen y se informen de los beneficios que pueden lograr tanto en el campo de juego y a nivel ambiental.

En un mundo donde aún falta concientización sobre el valor que tiene transformar los residuos orgánicos y darles otro uso, es necesario empezar a realizar proyectos, y mostrar resultados. Dentro del manejo de los predios deportivos, la cobertura vegetal como es el césped es uno de los parámetros que se busca en un campo de juego, por la visualización de los espectadores, la estética del lugar y la comodidad de los jugadores. Los clubes se ven en la obligación de una mantención continua del mismo, pero a su vez desconocen que este residuo orgánico podría utilizarse para obtener una enmienda con muchos beneficios para la sostenibilidad de los predios, a través de un proceso de compostaje. Este proyecto también tiene como fin dar una solución de qué hacer con el césped que se corta, evitando que el mismo sea desechado. Obtener la enmienda orgánica por medio de un proceso de compostaje con recursos del mismo sistema intenta incentivar e instalar una idea que pueda mantenerse en el tiempo a los largos de generaciones, impactando a nivel local, regional y nacional ayudando al medio ambiente en la reducción de químicos al sistema, fortaleciendo a los ecosistemas, mejorando los suelos y aportando altos niveles de nutrientes para la vida edáfica. Por último, impacta sobre la rentabilidad de los clubes, ya que busca disminuir los costos del uso de fertilizantes químicos. Valorizar y gestionar los residuos orgánicos no es una tarea imposible, se basa en tener responsabilidad colectiva, esfuerzo y compromiso, hacia un entorno más equilibrado y sustentable para todos.

Anexo – Propuesta Gestión de Residuos

Cálculos:

- 1 g de césped: 0,75 g H₂O y 0,25 g MS, obteniendo como resultado 0,0075 g N y 0,11 g C
- 1 g de CHIP: 0,19 g H₂O y 0,81 g MS, obteniendo como resultado 0,0081 g N y 0,45279 g C
- $$\frac{C/N}{0,0775} = \frac{25/1}{0,0775} = \frac{0,11gC + 0,45279gCX}{0,0775} / \frac{0,0075gN + 0,0081gNX}{0,0775} = \frac{0,11gC + 0,45279gCX}{0,0775} = 0,25029 X$$
- **X= 0,309 KG CHIP**

Proporción de chip que se debe agregar por g de césped

1 kg de césped: 0,309 kg de chip

- 1 kg de césped + 0,309 kg de chip = 1,309 kg total césped + chip
- $(1m^3 \times 1kg \text{ de césped}) / 0,8 kg \text{ de césped} = 1,25m^3$
- $1m^3 \text{ de césped} = 800 kg \text{ de césped y } 247,2 kg \text{ de chip}$
- $(247,2 kg \times 1m^3) / 250 kg \text{ de chip} = 0,98 m^3 \text{ chip}$
- $1,25m^3 + 0,98 m^3 \text{ chip} = 2,23 m^3 \text{ total.}$
- Enero-Julio= 1962 (E) + 1962 (F) + 1962 (M) + 784 (A) + 784 (M) + 784 (J) = 8238 L
- Julio-Diciembre= 784 (J) + 784 (A) + 784 (S) + 1962 (O) + 1962 (N) + 1962 (D) = 8238 L