

1. Resultados e impacto del concurso fertilización integral de praderas (FIP)

Cristian J. Moscoso

Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Investigador
INIA Remehue

Alfredo Torres B.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Investigador
INIA Remehue

1.1. Introducción

En la macrozona sur de Chile la producción animal se basa en la alimentación de las praderas. Es por ello que un incremento en el rendimiento de esta última repercutirá positivamente en el negocio productivo, siempre y cuando se realice una buena utilización de dicha pradera, que permita consumir la máxima cantidad de forraje disponible, sin ver perjudicado los futuros rebrotes.

En esta zona, los suelos son derivados de cenizas volcánicas, suelos que se caracterizan por presentar niveles de acidez de muy fuerte a moderada. Debido a esto, los suelos son susceptibles de presentar exceso de aluminio disponible, limitando la producción. Estos suelos también se caracterizan por poseer bajos niveles de fósforo y azufre disponible, afectando con ello a la productividad y persistencia de la pradera.

Una de las formas más rentables de incrementar su producción es por medio del encalado y fertilización adecuada de praderas, verificando inicialmente los niveles de nutrientes, a través de un análisis de suelo y, secundariamente, por medio de la cuantificación de la dosis de producto encalante o fertilizantes a utilizar. Numerosos son los estudios sobre los beneficios productivos de estas prácticas, como también su efecto positivo sobre la composición botánica y con ello la calidad del recurso forrajero, por lo que incentivar su uso es primordial para cualquier agricultor dedicado al rubro animal.

Para ello, se han determinado parámetros de nutrientes que establecen de manera inicial la situación de fertilidad en la que se encuentra el suelo, definiéndose rangos de disponibilidad baja (inadecuada), intermedia y alta (adecuada), para distintos tipos de nutrientes (Cuadro 1.1). Valores adecuados,

permitirán no limitar el crecimiento de las praderas desde el punto de vista de los nutrientes necesarios para ello.

Cuadro 1.1. Parámetros de fertilidad de suelo para la macrozona sur.

Parámetro	Disponibilidad de nutrientes		
	Baja (inadecuada)	Intermedia	Alta (adecuada)
Saturación de Al (%)	> 6	3 - 6	< 3
Fósforo (ppm)	< 10	10 - 20	> 20
Potasio (cmol(+)/kg)	< 0,25	0,26 - 0,51	> 0,52
Azufre (ppm)	< 12	12 - 20	> 20

Modificado de Teuber y Bernier (2006).

Para interpretar el resultado de un análisis de suelo, el Cuadro 1.1 permite homologar la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Aquellos análisis que presentan una categoría alta (adecuada) en todos sus parámetros, solo requerirán una fertilidad de mantención, mientras que aquellos que se encuentran con una baja o intermedia disponibilidad, debieran realizar aplicaciones de corrección.

Teniendo el Cuadro 1.1 como referencia, fue posible realizar un diagnóstico inicial de la situación de los suelos comúnmente utilizados para la producción de praderas en la Región de Los Lagos.

1.2. Características generales de los concursos

La finalidad de los diversos concursos del programa de Fertilización Integral de Praderas (FIP) realizados fue contribuir al mejoramiento de praderas permanentes, adjudicando incentivos a agricultores para realizar una fertilización integral y balanceada para recuperar los suelos degradados y mejorar la competitividad del sector pecuario de la Región de Los Lagos.

Para ello, y por medio de un análisis de suelo, se consideraba imprescindible mejorar los niveles de saturación de aluminio, fósforo, potasio y azufre, si no presentaban un nivel adecuado previamente ya definido, donde cada plan de manejo debía alcanzar o acercarse a cierto nivel mínimo técnico de nutrientes en el suelo. Para el caso del encalado y fertilización en cobertera, se solicitaba una profundidad de muestreo de 0-10 cm, mientras que para la siembra de especies forrajeras, una de 0-20 cm.

Con los datos iniciales de análisis de suelo y con la elaboración de los planes de manejo, fue posible determinar teóricamente la disminución de la saturación de aluminio y el incremento de los niveles de fósforo, potasio y azufre en el suelo por efecto de las aplicaciones de enmiendas y fertilizantes establecidas en cada uno de dichos planes. Estos cambios se definen en el presente capítulo como “teórico final a lograr”.

Para graficar los niveles iniciales y teóricos finales, se utilizarán gráficos de caja-bigote, los que permiten identificar cada uno de los datos obtenidos de los análisis de suelo, valores atípicos, promedio (X) y valor medio, entre otros (Figura 1.1).

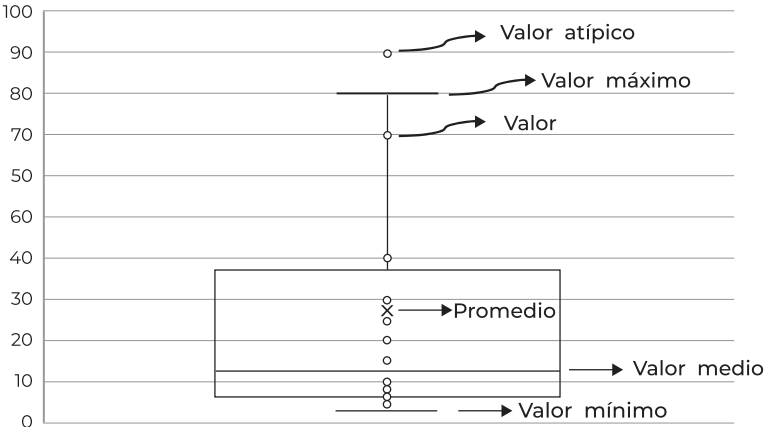


Figura 1.1. Gráfico de caja-bigote e identificación de puntos.

Cada una de las prácticas, sus parámetros de mínimos técnicos y máximos de aplicación se describen a continuación.

1.2.1. Enmienda calcárea

Esta práctica consistió en la aplicación de una dosis única de enmienda calcárea para reducir la saturación de aluminio hasta un 5 %. Esta dosis de corrección no debía sobrepasar los 3.500 kg de CaCO₃/ha/año en aplicación en cobratera sobre pradera permanente o 4.700 kg de CaCO₃/ha/año en aplicación incorporada previo al establecimiento de praderas. La dosis de carbonato de calcio de corrección a aplicar se determinó usando como base las tablas publicadas por Bernier (1999) y Alfaro y Bernier (2008) (Ver anexos).

1.2.2. Aplicación de Fósforo

Esta práctica contempló la aplicación de una dosis única de una fuente fosforada para acercarse o alcanzar el nivel mínimo técnico en el suelo de 20 ppm. No se debía sobrepasar una dosis de 230 kg P_2O_5 /ha/año en aplicación en cobertera sobre pradera permanente y de 450 kg P_2O_5 /ha/año en aplicación incorporada en el caso de establecimiento de praderas. La dosis de corrección o mantención a aplicar se determinó usando las tablas publicadas por Bernier (1999) (Ver anexos).

1.2.3. Aplicación de Potasio

Esta práctica consistió en la aplicación de una dosis única de fertilizante potásico para acercarse o alcanzar el nivel mínimo técnico en el suelo de 0,52 cmol(+)/kg. La aplicación no debía sobrepasar una dosis de 120 kg K_2O /ha/año. Los índices para determinar las dosis de corrección o mantención fueron obtenidos de las tablas publicadas por Campillo (2014) (Ver anexos).

1.2.4. Aplicación de Azufre

Esta práctica contempló la aplicación de una dosis única de fertilizante azufrado para acercarse o alcanzar el nivel mínimo técnico en el suelo de 20 ppm. La aplicación no debía sobrepasar una dosis de 45 kg S/ha/año. Los índices para determinar las dosis de corrección o mantención fueron obtenidos de las tablas publicadas por Campillo (2014) (Ver anexos).

En el caso que algún plan de manejo presentara niveles adecuados en el análisis de suelo, podía postular a la práctica de establecimiento de praderas permanentes como se describe a continuación.

1.2.5. Establecimiento de praderas

Esta práctica se basaba en el establecimiento de praderas permanentes de las especies Festuca (25 kg/ha), Pasto Ovillo (15 kg/ha), Bromo (25 kg/ha) y Festulolium (25 kg/ha), ya sea de manera monofítica o en mezclas. No se consideró el uso de ballica perenne, de leguminosas ni de otras especies

forrajeras. La dosis de siembra podía ser aumentada hasta un 25 % al no presentarse las condiciones ideales para la siembra en términos de preparación de suelo y de disponibilidad de sembradoras adecuadas. Si se optaba por la siembra de praderas en mezcla, esta debía contar con dos, tres o cuatro de las especies descritas en el punto anterior, respetando siempre la proporcionalidad propuesta de cada dosis de siembra.

1.3. Resultados e impacto

A partir de la primavera del año 2021 hasta la primavera de 2023 se realizaron cinco concursos, postulándose 1.678 planes de manejo, aprobándose 1.027 y siendo beneficiados una totalidad de 896 planes que abarcaron 8.147 ha entre las provincias de Osorno, Llanquihue y Chiloé.

En promedio, de la totalidad de planes aprobados para fertilizar praderas se registró una línea base inicial con una saturación de aluminio de 24,5 %, un nivel de fósforo de 8,5 ppm, un contenido de potasio de 0,25 cmol(+)/kg y 5,9 ppm de azufre en las muestras de suelo analizadas, los que por medio del concurso, teóricamente debieran mejorarse hasta alcanzar en promedio 6,3 %, 14,5 ppm, 0,33 cmol(+)/kg y 10,8 ppm, respectivamente. Del total de planes aprobados, el 47,7 % postuló a los cuatro elementos, 34,2 % a tres, 13,2 % a dos y un 4,9 % a un elemento. De ellos, un 2,2 % pertenecía a suelos Ñadi, el 10 % a Rojos arcillosos, 24,6 % a Transición y un 63,2 % a suelos Trumaos.

1.3.1. Provincia de Osorno

En la provincia de Osorno se vieron beneficiados 205 planes, que corresponden al 22,8 % del total, interviniendo 1.912 ha (9,3 ha promedio por plan de manejo) que representan el 23,5 % del total de la superficie. Del total de planes aprobados en la provincia, el 40,4 % postuló a los cuatro elementos, 40,8 % a tres, 13,8 % a dos y un 5,0 % a un elemento. De esos análisis de suelo, el 5,5 % pertenecía a suelos Ñadi, el 27,1 % a Rojos arcillosos, 4,6 % a Transición y 62,8 % a suelos Trumaos.

1.3.1.1. Saturación de Aluminio (%)

Para este parámetro se analizaron 127 postulaciones con sus respectivas

muestras de suelo, evidenciando un promedio de la provincia de 19,2 % y un rango entre 5,1 y 89,5 % (Figura 1.2), promedio considerado como inadecuado de acuerdo a lo descrito en el Cuadro 1.1. De todos los análisis de suelo recibidos, el 91,3 % presentó niveles inadecuados de saturación de aluminio (> 6 %) y solo un 8,7 % de las muestras presentó niveles intermedios para este parámetro. Para disminuir la saturación de aluminio, la principal herramienta utilizada es la aplicación de carbonato de calcio. Su uso y beneficio se puede apreciar en la disminución teórica a lograr en la saturación de aluminio en cada uno de los 127 análisis de suelo, alcanzando una saturación de aluminio promedio de 5,8 % (Figura 1.2). A pesar de ser una disminución importante (de 19,2 a 5,8 % promedio), este valor teórico final se mantiene en un nivel intermedio (Cuadro 1.1).

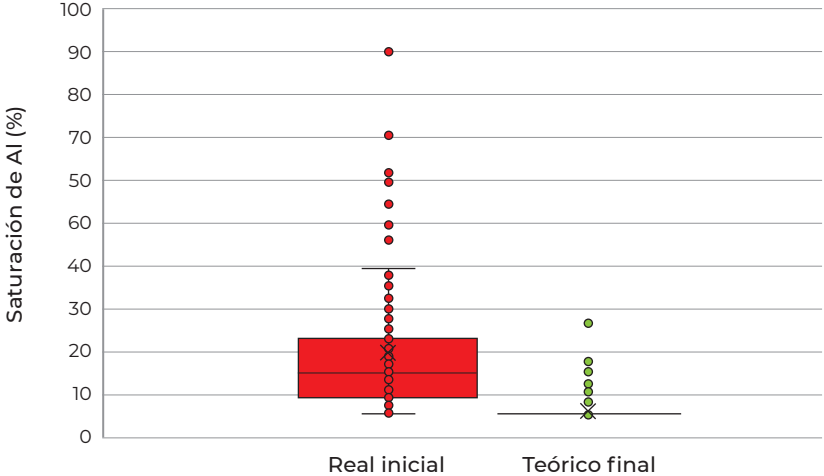


Figura 1.2. Saturación de aluminio (%) inicial y teórico final a lograr.

1.3.1.2. Fósforo (ppm)

En el caso del fósforo fue donde hubo la mayor cantidad de postulaciones (211). Previo a la intervención, presentaban un promedio de 8,5 ppm y un rango entre 0,6 y 19 ppm (Figura 1.3). Este promedio corresponde a una disponibilidad baja (inadecuada) para este parámetro según el Cuadro 1.1, donde el 65,9 % de los análisis se encontraba con niveles inadecuados de fósforo (< 10 ppm) y un 34,1 % presentó un nivel intermedio (Cuadro 1.1).

Para incrementar los niveles de fósforo en el suelo se utilizan principalmente fertilizantes que presenten fósforo, y los beneficios de su uso con base en las recomendaciones técnicas se ven reflejados en el incremento a lograr, alcanzando un promedio teórico de 14,3 ppm (Figura 1.3). Sin embargo, a pesar del incremento (de 8,5 a 14,3 ppm) por la aplicación de fertilizantes sobre la base de fósforo, este valor sigue encontrándose en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

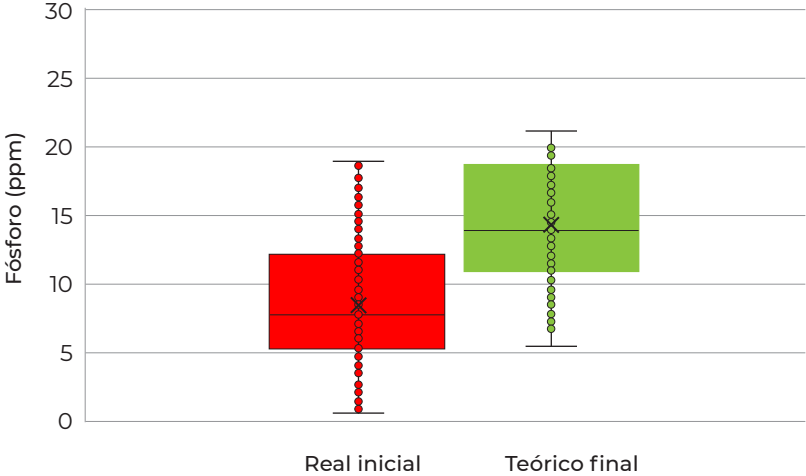


Figura 1.3. Fósforo (ppm) inicial y teórico final a lograr.

1.3.1.3. Potasio (cmol(+)/kg)

En promedio, los planes de manejo que solicitaban fertilizar con potasio (166) presentaron 0,23 cmol(+)/kg y un rango entre 0,03 y 0,51 cmol(+)/kg (Figura 1.4). Este promedio representa una disponibilidad intermedia, de acuerdo con lo descrito en el Cuadro 1.1. Tomando en consideración los 166 planes, el 65,7 % se encontró con niveles inadecuados de potasio (< 0,25 cmol(+)/kg) y un 34,3 % de las muestras presentaron niveles intermedios para la producción de praderas.

El incremento teórico a lograr por el uso de fertilizantes potásicos en cada uno de los 166 análisis de suelo alcanza un promedio de 0,32 cmol(+)/kg (Figura 1.4). Este incremento promedio se encuentra en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

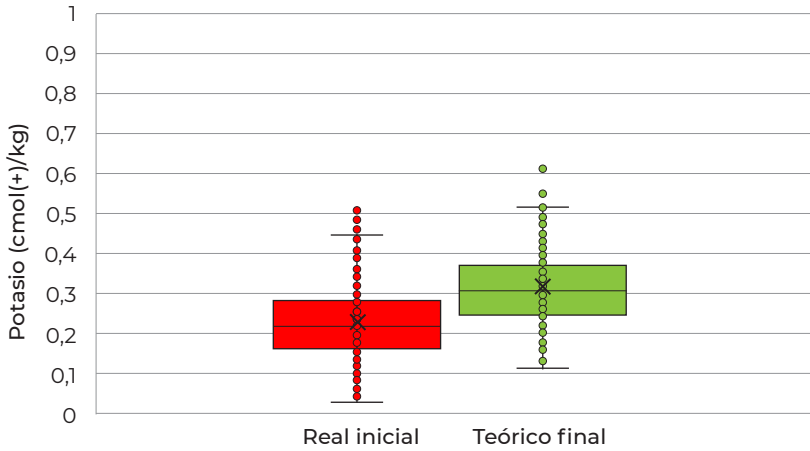


Figura 1.4. Potasio (cmol(+)/kg) inicial y teórico final a lograr.

1.3.1.4. Azufre (ppm)

El promedio del nivel de azufre en el suelo de las 178 postulaciones que requerían de ese elemento fue de 5,6 ppm con un rango entre 0,05 y 19,5 ppm (Figura 1.5), representando el promedio una disponibilidad baja (inadecuada) en relación con lo descrito en el Cuadro 1.1. De esos análisis, el 86 % de las muestras de suelo presentó niveles inadecuados de azufre (< 12 ppm) y un 14 % niveles intermedios para este parámetro.

El incremento teórico a lograr por la aplicación de fertilizantes con azufre en cada uno de los 178 análisis de suelo alcanza un promedio de 11,1 ppm (Figura 1.5), que representa un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

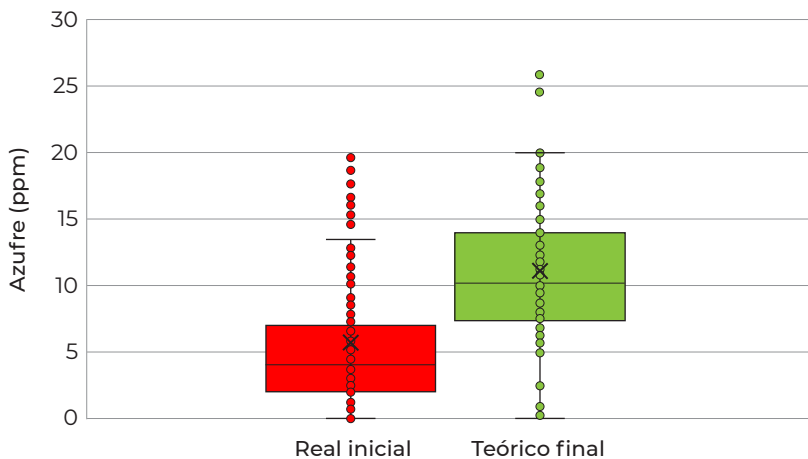


Figura 1.5. Azufre (ppm) inicial y teórico final a lograr.

1.3.1.5. Siembra de praderas

Solo un plan de manejo fue aceptado para siembra de praderas, lo que equivale a un 0,48 % del total de planes aprobados. Esta siembra abarcó cinco hectáreas de la especie Festuca.

1.3.2. Provincia de Llanquihue

En la provincia de Llanquihue se vieron beneficiadas 522 postulaciones con sus respectivos planes, que corresponden al 58,3 % del total, interviniendo 4.698 ha (9 ha promedio por plan de manejo), que representa el 57,7 % del total de la superficie. Del total de planes aprobados en la provincia, el 48,3% postuló a los cuatro elementos, 32,3 % a tres, 14 % a dos y un 5,4 % a un elemento. De esos análisis de suelo, el 1,5 % pertenecía a suelos Ñadi, el 6,3 % a Rojos arcillosos, 35,3 % a Transición y 56,9 % a suelos Trumaos.

1.3.2.1. Saturación de Aluminio (%)

Para este parámetro se analizaron 458 postulaciones con sus respectivas muestras de suelo, evidenciando un promedio de la provincia de 25,3 % y un rango entre 5,2 y 75,2 % (Figura 1.6), promedio considerado como inadecuado de acuerdo con lo descrito en el Cuadro 1.1. De todos los análisis de suelo recibidos,

el 96,3 % presentó niveles inadecuados de saturación de aluminio (> 6 %) y solo un 3,7 % de las muestras presentó niveles intermedios para este parámetro.

El uso y beneficio de carbonato de calcio como enmienda se puede apreciar en la disminución teórica a lograr en la saturación de aluminio en cada uno de los 458 análisis de suelo evaluados, alcanzando una saturación de aluminio promedio de 6,2 % (Figura 1.6). A pesar de ser una disminución importante (de 25,3 a 6,2 % promedio), este valor teórico final se mantiene en un nivel inadecuado (Cuadro 1.1).

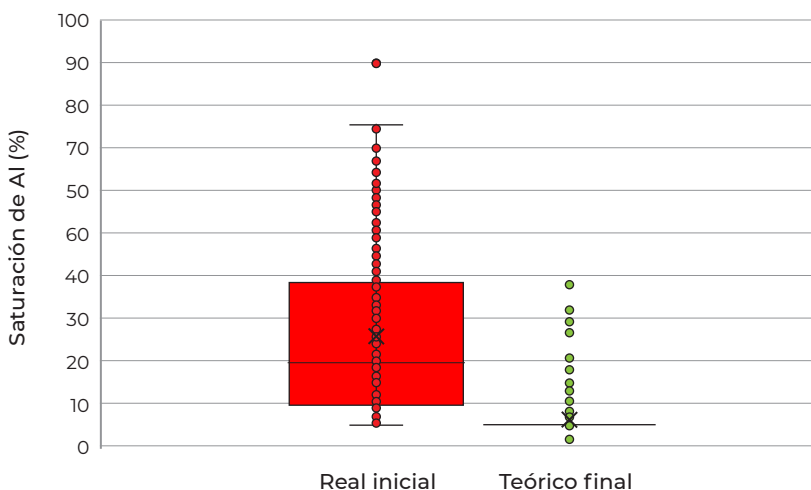


Figura 1.6. Saturación de aluminio (%) inicial y teórico final a lograr.

1.3.2.2. Fósforo (ppm)

En el caso del fósforo fue donde hubo la mayor cantidad de postulaciones (618), presentando estas un promedio de 8,6 ppm y un rango entre 0,4 y 19,6 ppm (Figura 1.7). Este promedio corresponde a una disponibilidad baja (inadecuada) para este parámetro según el Cuadro 1.1, donde el 63,9 % de los análisis se encontraba con niveles inadecuados de fósforo y un 36,1% de las muestras presentaron niveles intermedios.

La fertilización fosforada permitió alcanzar un promedio teórico de 14,8 ppm (Figura 1.7); sin embargo, a pesar del incremento (de 8,6 a 14,8 ppm) este valor sigue encontrándose en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

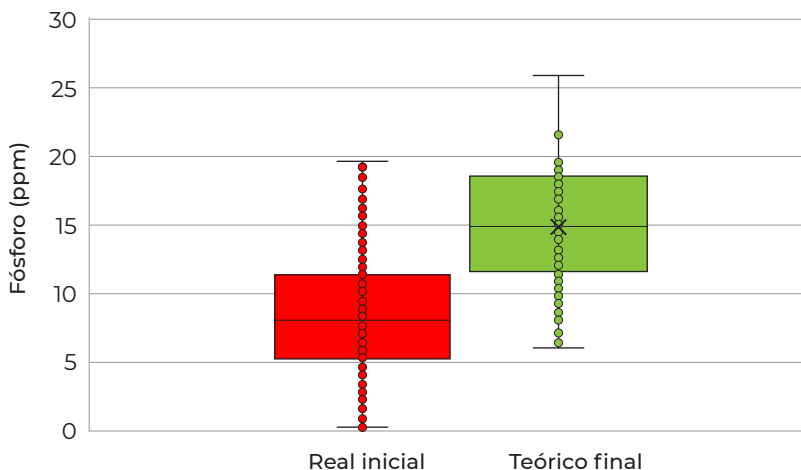


Figura 1.7. Fósforo (ppm) inicial y teórico final a lograr.

1.3.2.3. Potasio (cmol(+)/kg)

En promedio, los planes de manejo que solicitaban fertilizar con potasio (575) presentaron 0,23 cmol(+)/kg y un rango entre 0,02 y 0,51 cmol(+)/kg (Figura 1.8). Este promedio representa una disponibilidad baja (inadecuada) de acuerdo a lo descrito en el Cuadro 1.1. Tomando en consideración los 575 planes, el 61 % se encontró con niveles inadecuados de potasio (< 0,25 cmol(+)/kg) y un 39 % de las muestras presentaron niveles intermedios para este parámetro.

El incremento teórico por el uso de fertilizantes potásicos en cada uno de los 575 análisis de suelo alcanza un promedio de 0,31 cmol(+)/kg (Figura 1.8). Este incremento promedio se encuentra en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

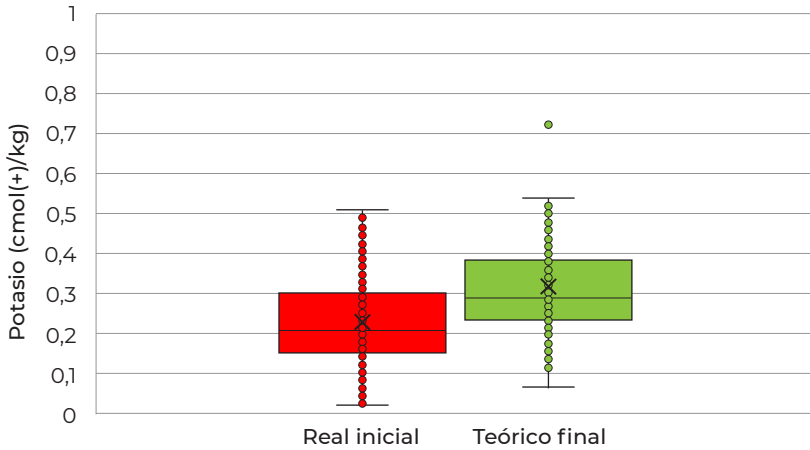


Figura 1.8. Potasio (cmol(+)/kg) inicial y teórico final a lograr.

1.3.2.4. Azufre (ppm)

El promedio del nivel de azufre en el suelo de las 542 postulaciones que requerían de ese elemento fue de 6 ppm con un rango entre 0,3 y 19,7 ppm (Figura 1.9), representando el promedio una disponibilidad baja (inadecuada) en relación con lo descrito en el Cuadro 1.1. De esos análisis, el 85,4 % de las muestras de suelo presentó niveles inadecuados de azufre (< 12 ppm) y un 14,6 % presentó niveles intermedios.

El incremento teórico a lograr por la aplicación de fertilizantes con azufre en cada uno de los 542 análisis de suelo, alcanza un promedio de 10,8 ppm (Figura 1.9), que representa un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

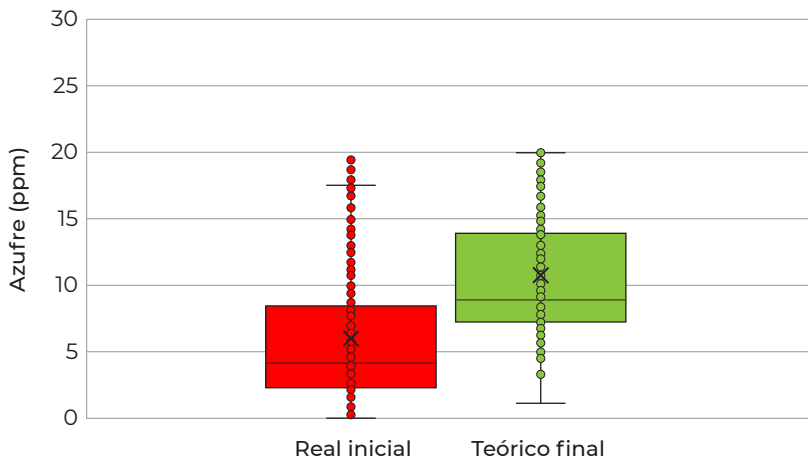


Figura 1.9. Azufre (ppm) inicial y teórico final a lograr.

1.3.2.5. Siembra de praderas

Solo siete planes de manejo fueron aceptados para siembra de praderas, lo que equivale a un 1,3 % del total de planes aprobados. Esta siembra en su conjunto abarcó 13 hectáreas de la especie Festuca.

1.3.3. Provincia de Chiloé

En la provincia de Chiloé se vieron beneficiados 169 planes, que corresponden al 18,9 % del total, interviniendo 1.536 ha (9,1 ha promedio por plan de manejo), que representa el 18,8 % del total de la superficie. Del total de planes aprobados en la provincia, el 57,4 % postuló a los cuatro elementos, 33,6 % a tres, 7,4 % a dos y un 1,6 % a un elemento. De esos análisis de suelo, el 100 % pertenecía a suelos Trumaos.

1.3.3.1. Saturación de Aluminio (%)

Para este parámetro se analizaron 87 postulaciones con sus respectivas muestras de suelo, evidenciando un promedio de la provincia de 28,1 % y un rango entre 5,2 y 79,7 % (Figura 1.10), promedio considerado como inadecuado con base en lo descrito en el Cuadro 1.1. De todos los análisis de suelo recibidos, el 96,6 % presentó niveles inadecuados de saturación de aluminio (> 6 %) y un 3,4 % de las muestras presentó niveles intermedios para este parámetro.

El uso y beneficio de la enmienda calcárea se puede apreciar en la disminución teórica a lograr en la saturación de aluminio en cada uno de los 87 análisis de suelo, alcanzando una saturación de aluminio promedio de 7,5 % (Figura 1.10). A pesar de ser una disminución importante (de 28,1 a 7,5 % promedio), este valor teórico final se mantiene en un nivel inadecuado de disponibilidad de nutrientes (Cuadro 1.1).

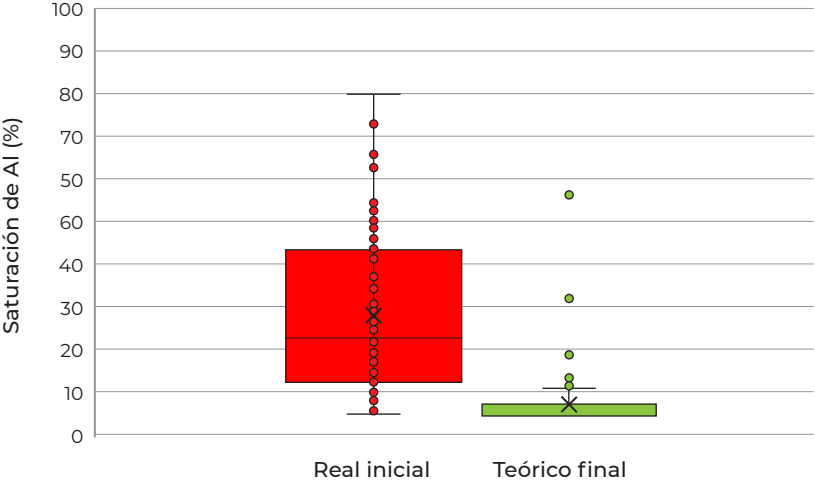


Figura 1.10. Saturación de aluminio (%) inicial y teórico final a lograr.

1.3.3.2. Fósforo (ppm)

En el caso del fósforo se presentaron 112 planes de manejo, con un promedio de 7,8 ppm y un rango entre 2 y 19,5 ppm (Figura 1.11). Este promedio corresponde a una disponibilidad baja (inadecuada) para este parámetro según el Cuadro 1.1, donde el 73,2 % de los análisis se encontraba con niveles inadecuados de fósforo (< 10 ppm) y un 26,8 % de las muestras presenta niveles intermedios para este parámetro.

Los beneficios del uso del fertilizante fosforado de acuerdo a las recomendaciones técnicas se ven reflejados en el incremento a lograr, alcanzado un promedio teórico de 13 ppm (Figura 1.11), pero a pesar del incremento (de 7,8 a 13 ppm) por la aplicación de fertilizantes en base a fósforo, este valor sigue encontrándose en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

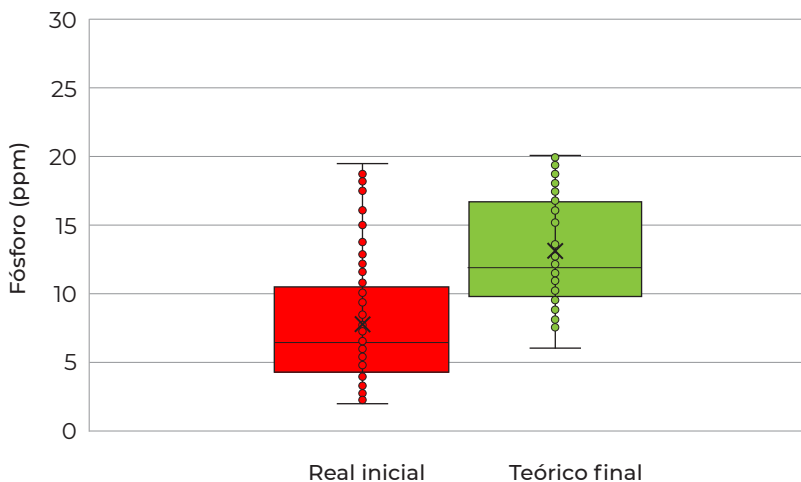


Figura 1.11. Fósforo (ppm) inicial y teórico final a lograr.

1.3.3.3. Potasio (cmol(+)/kg)

En promedio, los planes de manejo que solicitaban fertilizar con potasio (112) presentaron un promedio de 0,25 cmol(+)/kg y un rango entre 0,09 y 0,50 cmol(+)/kg (Figura 1.12). Este promedio representa una disponibilidad baja (inadecuada) con base en lo descrito en el Cuadro 1.1. Tomando en consideración los 112 planes, el 56,3 % se encontró con niveles inadecuados de potasio (< 0,25 cmol(+)/kg) y un 43,7 % en un nivel intermedio (Cuadro 1.1).

El incremento teórico a lograr por el uso de fertilizantes potásicos en cada uno de los 112 análisis de suelo alcanza un promedio de 0,33 cmol(+)/kg (Figura 1.12). Este incremento promedio se encuentra en un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

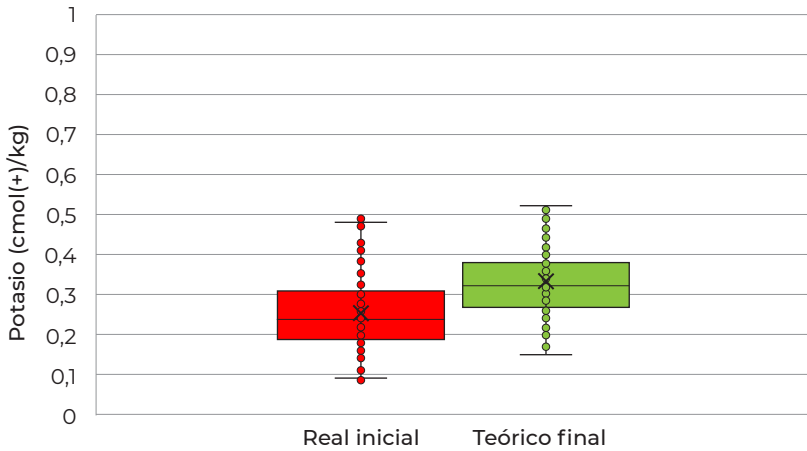


Figura 1.12. Potasio (cmol(+)/kg) inicial y teórico final a lograr.

1.3.3.4. Azufre (ppm)

El promedio del nivel de azufre en el suelo de las 111 postulaciones que requerían de ese elemento fue de 5,5 ppm con un rango entre 0,4 y 19,9 ppm (Figura 1.13), representando una disponibilidad baja (inadecuada) en relación con lo descrito en el Cuadro 1.1. De esos análisis, el 89,2 % de las muestras de suelo presentó niveles inadecuados de azufre (< 12 ppm) y un 10,8 % niveles intermedios para este parámetro.

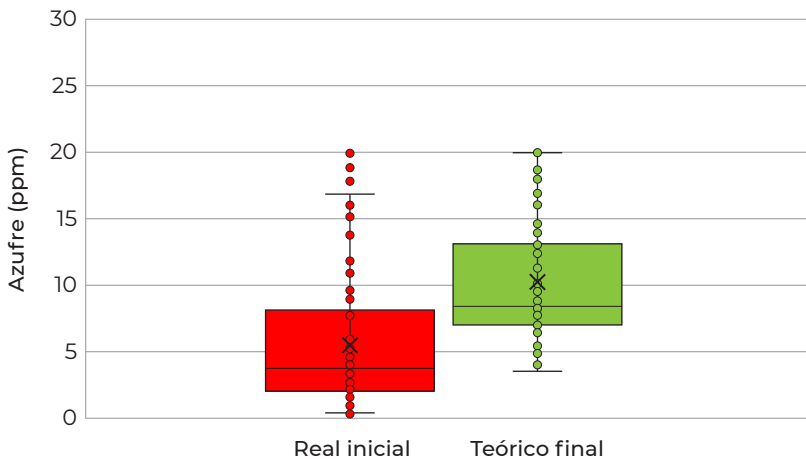


Figura 1.13. Azufre (ppm) inicial y teórico final a lograr.

El incremento teórico a lograr por la aplicación de fertilizantes con azufre en cada uno de los 111 análisis de suelo alcanza un promedio de 9,9 ppm (Figura 1.13), que representa un nivel intermedio de disponibilidad (Cuadro 1.1).

1.3.3.5. Siembra de praderas

En la provincia de Chiloé, de los planes aprobados, ninguno contaba con la práctica de siembra de praderas.

1.4. Comentarios sobre la práctica de siembra de praderas

La gran mayoría de los planes de manejo presentados por los asesores y aprobados en los diversos concursos, se inclinaron por la fertilización y/o encalado en cobertera de praderas, y una muy pequeña cantidad por la siembra de especies forrajeras perennes de mayor resistencia al déficit hídrico (<1 %). Las razones estipuladas fueron diversas, como el mayor costo asociado de la siembra, la oportunidad de la realización de la labor y la distinta profundidad de muestreo de suelo solicitada (0–20 cm).

Junto con la utilización del análisis de suelo como base para la generación de un plan de fertilización y encalado, la incorporación de especies perennes mejor adaptadas al déficit hídrico debiera adquirir una mayor importancia. Su uso permitiría incrementar la posibilidad de mantener una pradera productiva en verano, como también, incrementar la persistencia de la pradera en el tiempo.

1.5. Conclusiones

La situación regional indica que los análisis de suelo registraron en promedio una saturación de aluminio de 24,5 %, un nivel de fósforo de 8,5 ppm, un contenido de potasio de 0,25 cmol(+)/kg y 5,9 ppm de azufre. Dadas las características de los suelos de la macrozona sur, estos valores son esperables en aquellas situaciones en que no se ha efectuado un encalado ni fertilización constante de la pradera, por lo que el uso de análisis de suelo para una correcta dosificación del o los elementos a utilizar es fundamental para incrementar los parámetros de fertilidad del suelo y con ello la producción animal.

1.6. Literatura consultada

- Alfaro, M. y Bernier, R. 2008. Enmiendas calcáreas y estimación de dosis de aplicación. Boletín INIA Nro. 179, Osorno, Chile.
- Bernier, R. 1999. Curso de capacitación para operadores del programa de recuperación de suelos degradados INDAP, Xa Región. Serie Actas INIA Nro. 2, Osorno, Chile.
- Campillo, R. 2014. Desarrollo de paquetes de fertilización para la ampliación del SIRSD Sustentable en nutrientes esenciales. Boletín INIA Nro. 305, Temuco, Chile.
- Iraira, S., Canto, F., Siebald, E. y Vera, C. 2017. Programa de fertilización de praderas. Líneas de intervención para el mejoramiento productivo de la actividad pecuaria de la provincia de Palena. Boletín INIA Nro. 345, Osorno, Chile.
- Moscoso, C., Peña, G., Canto, F. y Martínez, M.E. 2020. Estrategias de fertilización sobre la productividad de una pradera naturalizada en Chiloé. Informativo INIA Nro. 233, Osorno, Chile.
- Siebald, E. 2001. Mejoramiento de praderas y conservación de forrajes. Serie Actas INIA Nro. 13, Osorno, Chile.
- Teuber, N. y Bernier, R. 2006. El semáforo del suelo, una guía para calificar el nivel de fertilidad. Informativo INIA Nro. 51, Osorno, Chile.

1.7. Anexos

1.7.1. Saturación de Aluminio

La dosis de carbonato de calcio a aplicar se basó en la siguiente fórmula:

Profundidad	Tipo de suelo		
	Trumao	Rojo arcilloso	Transición
0-10 cm	$1,8756\ln(x)-3,0188$	$1,2941\ln(x)-2,0829$	$1,4378\ln(x)-2,314$
0-20 cm	$3,3615\ln(x)-5,4102$	$2,3529\ln(x)-3,7869$	$2,614\ln(x)-4,2071$

Donde x corresponde al valor inicial de Saturación de aluminio y el resultado obtenido, a la cantidad de carbonato de calcio requerido para disminuir la saturación inicial a un 5 %.

1.7.2. Fósforo

La dosis de fósforo a aplicar se basó en la siguiente fórmula:

$$(\text{Fósforo final} - \text{Fósforo inicial}) \times \text{CP} \times 2,29$$

Donde el valor de CP corresponderá a:

Suelo	Fósforo inicial (ppm)			
	≤ 9	≥ 10	≤ 9	≥ 10
	CP (0-10 cm)		CP (0-20 cm)	
Trumaos (Osorno, Llanquihue)	16	14	26	24
Trumaos (Chiloé)	18	15	28	25
Rojos Arcillosos	12	10	20	17
Transición	13	11	22	19
Ñadi	17	15	27	25

1.7.3. Potasio

La dosis de potasio a aplicar se basó en la siguiente fórmula:

$$(\text{Potasio final} - \text{Potasio inicial}) \times \text{Índice residual}$$

Donde el valor de índice residual (IR) corresponderá a:

Tipo de suelo*	IR de corrección	IR de mantención
Trumaos	1.377	1.253
Rojos Arcillosos	1.270	750

* Para suelo Ñadi, utilizar el valor indicado para suelo Trumao.

1.7.4. Azufre

La dosis de azufre a aplicar se basó en la siguiente fórmula:

$$(\text{Azufre final} - \text{Azufre inicial}) \times \text{Índice residual}$$

Donde el valor de índice residual (IR) corresponderá a:

Tipo de suelo*	IR de corrección	IR de mantención
Trumaos	9,1	6,1
Rojos Arcillosos	4,0	5,5

* Para suelo Ñadi, utilizar el valor indicado para suelo Trumao.

1.7.5. Siembra de praderas

La dosis de siembra a aplicar correspondió a la siguiente bajo condiciones óptimas:

Festuca (*Festuca arundinacea*): 25 kg/ha

Festulolium (*x Festulolium*): 25 kg/ha

Pasto ovido (*Dactylis glomerata*): 15 kg/ha

Bromo (*Bromus valdivianus*, *Bromus stamineus*): 25 kg/ha