

# Manual de fertilización de mallines en el noroeste del Chubut

Evaluación de casos reales

Guillermo Carlos García Martínez, Georgina Ciari, Viviana Beatriz Nakamatsu



Manual de fertilización de mallines en el Noroeste de Chubut : evaluación de casos reales / García Martínez Guillermo Carlos ... [et al.] ; comentarios de Carlos R. Kunst. - 1a ed. – Esquel, Chubut : Ediciones INTA, 2017.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-521-831-4

1. Fertilización. 2. Tecnología de Abonos. 3. Mallines. I. Guillermo Carlos, García Martínez II. Kunst, Carlos R., com.  
CDD 633.2

**Autores:**

Guillermo Carlos García Martínez EEA Esquel

Georgina Ciari EEA Esquel

Viviana Beatriz Nakamatsu EEA Chubut

Carlos Guillermo Buduba EEA Esquel

Martín Villa EEA Esquel

Walter Opazo EEA Esquel

Segundo Bobadilla EEA Esquel

**Diseño y Diagramación:** Lic. Carlos Gómez

**Director Centro Regional Patagonia Sur:** Nicolás Francisco Ciano

**Director EEA Esquel:** Osvaldo Felipe Buratovich

**Director EEA Chubut:** Juan Manuel Salomone

**Centro Regional Patagonia Sur**

Teléfono: (0280) 4437 186, (0280) 4437 187

Dirección: 25 de Mayo N° 330 Piso 1

9100 Trelew Chubut

**Estación Experimental Agroforestal Esquel**

Teléfono: (02945) 451 558

Dirección: Chacabuco N° 513

9200 Esquel Chubut

**Estación Experimental Agropecuaria Chubut**

Teléfono: (0280) 444 6422

Dirección: 25 de Mayo N° 4870

9100 Trelew Chubut

**Área geográfica Sur 1291204**

**Proyecto Regional Andes 1291205**

**Apoyo al desarrollo del área geográfica meseta del NO del Chubut 1291206**

Las actividades realizadas e informadas en esta publicación fueron financiadas por el INTA, a través de:

**Programa Carne, Proyecto Específico PNCAR 1502 'Incremento de la productividad primaria de pastizales' (2009-2013)**

Coordinadora: Ing. Agr. Viviana Nakamatsu MSc

**Programa Producción Animal, Proyecto Específico 1126074 *Desarrollo, Integración y transferencia de tecnologías para manejo sustentable de servicios de la vegetación natural para fines ganaderos*. (2013-2019)**

Coordinador Ing. Agr. Carlos Kunst PhD

*Agradecemos a los productores ganaderos, cuyos predios son mencionados en esta publicación, por permitirnos realizar los ensayos de fertilización. Sin su colaboración y apoyo no hubiera sido posible realizar este manual. Se agradece también a los técnicos y productores que enriquecieron nuestro trabajo con aportes y experiencias valiosas.*

# Manual de Fertilización de Mallines en el Noroeste de Chubut

## Evaluación de casos reales

### Índice

#### 1- Introducción

Principales características de los suelos de mallín. Adaptaciones de las plantas hidrófitas emergentes o helófitas. Tipos de mallines. Nociones básicas del ciclo del nitrógeno y fósforo.

#### 2- Tecnología de fertilización

Objetivos de fertilización. Diagnóstico de ambientes. Tipos de fertilizantes y cálculo de dosis. Momentos y modos de aplicación. Criterios económicos. Aspectos a considerar al momento de fertilizar.

#### 3- Ensayos realizados en la región

*Para cada ensayo:*

- a. Descripción del sitio:*
- b. Características del ensayo:*
- c. Resultados productivos:*
- d. Resultado económico:*
- e. Conclusiones*

#### 4- Ejemplos de aplicación en casos reales

#### 5- Conclusiones

#### 6- Bibliografía

#### Anexos 1

Valores de referencia para interpretar análisis de suelos.

# **1- Introducción**

*Georgina Ciari, Carlos Buduba, Viviana Nakamatsu, Guillermo Carlos García Martínez*

Los mallines en Patagonia son ambientes que se desarrollan en zonas bajas del paisaje, a lo largo de cursos de agua permanentes o semipermanentes o cuencas sin salida, donde se acumula el agua (Lanciotti et al., 1998a). La mayor disponibilidad de agua que poseen respecto de las áreas de estepa es el origen de las diferencias en la vegetación y el suelo. La presencia de agua es un elemento fundamental porque influye en la formación y en las características físicas, químicas y biológicas de los suelos y de la vegetación. A su vez, el uso resulta una causa relevante de las modificaciones hidrológicas dentro de los mismos o en las cuencas que los alimentan.

Los mallines, al ser puntos topográficamente bajos del paisaje, son receptores de agua y materiales erosionados desde las zonas altas del mismo. En los mallines suele haber tres sectores diferenciados por la disponibilidad de agua (Lanciotti et al., 1993):

- Sector central, más húmedo, suele tener una vegetación dominada por especies hidrófilas como juncos y graminoideas.
- Sector intermedio, dominado por gramíneas.
- Sector periférico de transición con la estepa normalmente dominado por coirones y, a veces, subarbustos como el Charcao (*Senecio filaginoides*).

Esta diferenciación, se origina fundamentalmente, en la formación e hidrología de los sectores.

## **Principales características de los suelos de mallín**

Las propiedades del suelo dependen fundamentalmente del tamaño de las partículas y la carga de sus superficies, que está condicionado principalmente por la fracción de arcillas y materia orgánica que posean. El anegamiento modifica las propiedades del suelo debido al desplazamiento del aire por el agua, con una reducción drástica de la disponibilidad de oxígeno y creación de condiciones reductoras en el suelo con una dinámica particular del nitrógeno (N) y el aumento de la disponibilidad del fósforo (P) (Lanciotti et al., 1993 y Luque, 1997).

Los organismos que habitan los mallines deben resolver 4 problemas fundamentales: almacenar oxígeno, evitar la acumulación de gases tóxicos, adaptarse a concentraciones atípicas de iones y a la baja intensidad lumínica debajo del agua (Declerk et al., 2006). Esta última dependerá del color del agua y en particular de la concentración de materia orgánica disuelta, así como de partículas inorgánicas suspendidas y de la concentración de fitoplancton. La salinidad es otro factor que ocasiona importantes alteraciones de conductividad, densidad, presión osmótica, proporción relativa de iones y de distribución de las plantas acuáticas emergentes o hidrófitas (Del Valle, 1993; Luque y Amari, 1995).

La mayor actividad de los microorganismos, fundamental en la provisión de nutrientes para las plantas, ocurre desde la superficie del suelo hasta unos 20 cm de profundidad. Las colonias de microorganismos se encuentran adheridas a las partículas de arcilla y humus y a las raíces de las plantas que le suministran sustancias orgánicas que los alimentan y mejoran su reproducción. La mayoría de los microorganismos de áreas con anegamientos periódicos (anual o cada 4 a 6 años) son heterótrofos (se alimentan de suelos orgánicos), mesófilos (la temperatura óptima es de 15 a 40°C y una mínima de 5 a 7 °C) y aerobios. En los mallines se produce un descenso de la temperatura por el anegamiento. Esta característica genera que no se produzcan emisiones de NH<sub>4</sub> y que se ralentice la actividad microbiana. El comienzo de la actividad microbiana sucede entrada la primavera, cuando el suelo superficial deja de estar saturado y aumentan las

temperaturas por encima de 4°C. En este momento comienzan a hacerse más disponibles los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas.

Como consecuencia de todo lo mencionado anteriormente las plantas del mallín poseen numerosas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas que le sirven para ajustarse a la vida en ambientes húmedos y de alta energía.

#### Adaptaciones de las plantas hidrófitas emergentes o helófitas:

Muchas especies se adaptan para hacer frente al anegamiento, deposición de sedimentos, abrasión física y rotura del tallo. Las plantas hidrófitas viven en humedales cuyos terrenos se anegan periódicamente (Movia et al., 1978). Son una transición entre las plantas acuáticas y las mesófitas. Son los hidrófitos más especializados, cuyas raíces y rizomas poseen aerénquima bien desarrollados debido a la escasa a nula disponibilidad de oxígeno en condiciones de anegamiento temporario (Mitsch y Gosselink, 1993; Bloom y Voesnek, 1996).

Los órganos aéreos de estas especies hidrófitas emergentes no presentan grandes diferencias con los órganos equivalentes de las plantas terrestres, sin embargo, presentan algunas adaptaciones particulares al medio acuático. Parte de su ciclo de vida pasan sumergidas, están sujetas levemente a la pérdida de agua por transpiración, y se encuentran en un medio con déficit de oxígeno, en consecuencia, las nuevas hojas y tallos producidos bajo el agua difieren en estructura en relación a los típicos órganos aéreos, reduciendo el espesor de la hoja y alterando su forma. Asimismo, desarrollan un tejido secundario de almacenaje de aire, denominado aerénquima. Durante la fase del desarrollo bajo el agua, estas especies deben ser capaces de respirar anaeróbicamente. Son capaces de tolerar la anaerobiosis por un período limitado de tiempo, suficiente para emerger fuera de la superficie del agua. Una vez que el follaje alcanzó la superficie, comienza el intercambio gaseoso entre la atmósfera y los tejidos internos. El extenso sistema de espacios de aire, junto con los espacios intercelulares del mesófilo en empalizada, facilita el intercambio gaseoso entre las células fotosintéticas y la atmósfera (Cook, 1990; Alonso Paz, 1997).

La mayoría de las especies hidrófitas emergentes son de crecimiento otoño-, invierno- primaveral (C3), excepto el pasto salado, cuyo ciclo de crecimiento ocurre a fines de primavera y verano (C4). Muchas gramíneas, ciperáceas y juncáceas tienen tallos robustos y hojas ensiformes. Poseen aerénquima en raíces y tallos que permiten la difusión del oxígeno desde las partes aéreas hacia las raíces. Muchas especies tienen elevadas tasas de producción de biomasa de raíces. También se desarrollan en los mallines especies que no poseen adaptaciones específicas al anegamiento y por lo tanto se ubican en sectores de menor anegamiento, como en la periferia del mallín o en micrositios convexos (mogotes). Estas especies son favorecidas debido a que una gran proporción de los órganos aéreos no están sumergidos.

En los mallines, a lo largo del año la napa freática fluctúa considerablemente y en general, los suelos se encuentran aireados en el período de mayor crecimiento vegetal, lo cual favorece el desarrollo y exploración de rizomas y raíces. Éstas últimas retienen agua y sedimentos manteniendo y mejorando la estructura de estos ecosistemas.

Algunas especies como “cola de chivo” (*Carex. Sp*), “junco” (*Juncus. Sp*), *Ranunculus. sp* y *Agrostis. sp* tienen adaptaciones reproductivas adecuadas para establecerse en suelos muy ricos en limos. Otra característica reproductiva es la prolongada viabilidad que poseen las semillas que componen los bancos que contribuyen al desarrollo de estas comunidades tan particulares como las del mallín. Las semillas depositadas se distribuyen con la crecida estacional de agua, asegurando camas de siembra con humedad para una adecuada germinación, posterior colonización y sucesión ecológica (Raffaele, 1996). También los brotes enterrados son muy importantes en el proceso de regeneración de la cubierta vegetal.

#### Tipos de mallines

Existen diversas formas de clasificar los mallines, según características hidrológicas naturales (Burgos, 1993; Lanciotti et al., 1998b) o bien, ocasionadas por diferencias de uso actual o histórico ya que el balance hídrico puede ser modificado por el uso. Por ejemplo, el balance hídrico desfavorable durante períodos prolongados, provoca el ascenso capilar de sales que se depositan en superficie y generan un ambiente tóxico para muchas especies. Estos mallines suelen llamarse “salinos” o “de pasto salado” (*Distichlis sp.*) ya que suele ser la especie vegetal dominante. Este proceso puede ser natural o inducido por el sobrepastoreo y consiguiente disminución de cobertura que incrementa la evaporación del agua del suelo. A su vez, el sobrepastoreo, al disminuir la cubierta vegetal y remover el suelo con el pisoteo, puede promover la pérdida de suelo y la formación de cárcavas que alteran las características hidrológicas y con ello, la capacidad de albergar especies vegetales deseables.

Es posible clasificar los mallines según sus características hidrológicas en “húmedos”, “subhúmedos” y “secos”, o según otras características edáficas en “dulces”, “salinos” y “salino-sódicos” (Lanciotti et al., 1998b).

Los mallines “húmedos” tienen gran disponibilidad de agua durante todo el ciclo y suelen saturarse entre fin de otoño y principios de primavera. Poseen especies altamente palatables tales como “pasto de mallín” (*Poa pratensis*), “cola de chivo” (*Carex.sp.*), “pasto miel” (*Holcus lanatus*), *Deschampsia.sp.*, *Eleocharis.sp.*, “trébol blanco” (*Trifolium repens*), como también algunas especies de baja palatabilidad como “junco” (*Juncus balticus*), *Caltha sagittata* y *Acaena ovalifolia*. Según localización y condición, en el Noroeste de Chubut producen entre 6.000 y 12.000 kg MS forrajera/ha/año y el pico de crecimiento ocurre alrededor del mes de Diciembre, momento a partir del cual empiezan a perder calidad nutricional (Buono et al., 2007; Irisarri et al., 2008). Estos mallines suelen llamarse también “dulces” debido a la baja concentración de sales en el suelo.

Los mallines “subhúmedos” suelen tener los suelos saturados de agua solo una parte del año, generalmente en invierno y/o primavera, permitiendo el lavado de sales en exceso mientras que, en los meses más cálidos, la humedad en el suelo cae rápidamente. Estos mallines en el Noroeste de Chubut producen entre 3.000 y 5.000 kg MS forrajera/ha/año, y su vegetación dominante suele ser “junco” (*Juncus balticus*), “pasto de mallín” (*Poa pratensis*), “cola de zorro” (*Hordeum. Sp.*), “cola de chivo” (*Carex.sp.*), “trébol blanco” (*Trifolium repens*), *Acaena ovalifolia*, como también algunas especies no palatables como *Azorella. sp.*. Si bien la dinámica del agua permite el lavado total o parcial de sales, algunos de estos mallines pueden ser “salinos” o “salino-sódicos”.

Los mallines “secos” en general solo tienen la napa en superficie de forma extraordinaria en años con precipitaciones abundantes. En los años con precipitación promedio, en general, carecen de agua disponible para el lavado de los suelos, acumulándose las sales en superficie si la capilaridad lo permite por lo que también pueden ser “salinos” o “salino-sódicos”. Estos mallines en el Noroeste de Chubut producen entre 400 y 3.000 kg MS forrajera/ha/año, y su vegetación dominante suele ser “pasto salado” (*Distichlis sp.*), “junco” (*Juncus balticus*), “cola de zorro” (*Hordeum. Sp.*), *Azorella. sp.*; “charcao” (*Senecio filaginoides*), *Jarava. sp.*; *Pappostipa. sp.* y especies anuales.

### Nociones básicas del ciclo del nitrógeno y el fósforo

Tanto el fósforo como el nitrógeno son dos elementos fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (macronutrientes). En este sentido es importante comprender algunos aspectos fundamentales del ciclo de estos dos nutrientes al momento de evaluar la aplicación de la tecnología de fertilización.

El nitrógeno constituye entre un 1 y un 5 % de la biomasa de las plantas y sobre todo formando parte de las proteínas (Echeverría y García, 2014). Las plantas absorben el nitrógeno en forma de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . En el planeta la gran mayoría del nitrógeno se encuentra en la litosfera (93,5 %) y en la atmósfera en forma de  $\text{N}_2$  (6,42 %). Del nitrógeno existente en el suelo, que representa una proporción menor del total del planeta, el 98 % se encuentra en la materia orgánica.

En el suelo el nitrógeno sufre una serie de aportes, transformaciones y pérdidas. Entre los aportes del nitrógeno al suelo podemos mencionar la fijación biológica, el aporte atmosférico por deposición con las lluvias y el realizado por la fertilización. Entre las transformaciones podemos mencionar el pasaje de formas orgánicas del nitrógeno a formas minerales como el  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  (mineralización), el pasaje de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  (nitrificación), y la inmovilización debido a el pasaje de formas minerales a formas orgánicas. La mineralización es un proceso fundamental para que el nitrógeno que está disponible en la materia orgánica del suelo pase a estar disponible para las plantas. En este sentido el proceso de mineralización está limitado por la actividad microbiana la cual dependerá de factores como la temperatura y la humedad. En lo que respecta a la inmovilización, uno de los factores fundamentales del proceso es la calidad de la materia orgánica, que puede ser evaluada a través de la relación carbono/nitrógeno (C/N). Si la relación C/N es muy alta los microorganismos del suelo tomarán nitrógeno mineral del suelo para su actividad el cual dejara de estar disponible para las plantas e incluso competirán con estas por el N. Un valor de relación C/N 12 es óptimo y por arriba de 30 hay inmovilización de nitrógeno. Entre las pérdidas de nitrógeno podemos mencionar la volatilización, la denitrificación y la lixiviación. La lixiviación de nitrógeno es un proceso que se da por la gran movilidad que presenta el nitrógeno mineral en el suelo y que se magnifica en momentos de excesos de agua que generan infiltración y drenaje.

En lo que respecta al fósforo este elemento se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica. El contenido total del fósforo depende de la naturaleza del material madre del suelo, y de los procesos que en él ocurren (Echeverría y García, 2014). En este sentido la extracción de este elemento por cosecha de cultivos y forrajes resulta un factor importante en definir la disponibilidad del mismo. Procesos continuos de extracción (confección de reservas forrajeras) pueden disminuir significativamente su disponibilidad. A diferencia del nitrógeno el fósforo en el suelo es más estable y no sufre procesos de lixiviación ni volatilización (Guía estudios Universidad San Juan Bosco). No obstante, el fósforo mineral, que se encuentra mayoritariamente en forma de  $\text{PO}_4^{3-}$ , interactúa con las partículas del suelo determinando que su disponibilidad para las plantas este condicionado por las características del suelo como por ejemplo la textura. En los suelos cordilleranos, andisoles, el fósforo reacciona fuertemente con los alófanos, disminuyendo su disponibilidad para las plantas.

De todo lo mencionado anteriormente se desprenden algunos aspectos de consecuencias prácticas para la aplicación de la tecnología propuesta en esta publicación:

- La actividad microbiana es fundamental para que el nitrógeno en sus diferentes formas pase a estar disponible para las plantas.
- La mineralización es muy baja en invierno cuando las temperaturas también son bajas.
- Una relación C/N alta puede generar procesos de inmovilización de nitrógeno que afecten el aprovechamiento de fertilizante nitrogenado por las plantas.
- En momentos de excesos hídricos se generan pérdidas de nitrógeno por lixiviación.
- La cosecha continua de forraje, por ejemplo el enfardado, puede disminuir la disponibilidad de fósforo.
- La respuesta a la aplicación del fósforo dependerá fuertemente de las características del suelo. En suelos andisoles esto se ve magnificado por la presencia de alófanos.



## **2- Tecnología de fertilización**

*Guillermo Carlos García Martínez y Martín Villa*

En este capítulo se realiza un análisis de algunos aspectos que se deben considerar al momento de aplicar la tecnología de fertilización en mallines. Entre ellos se pueden mencionar los **objetivos** buscados, el **diagnóstico del ambiente**, **tipo de fertilizantes**, **momento y modos de aplicación**, **criterios económicos de decisión y medidas de seguridad**.

### Objetivos de la fertilización

Cuando se fertiliza, entre los objetivos buscados se destacan el **incremento en la producción y calidad del forraje** generado, o la **modificación de la estacionalidad de la producción** (Bruce 2016). Estos efectos han sido observados en diferentes trabajos (Vuckovic et al., 2006; Angeli y Bailey 1998). El aumento en la cantidad de forraje generado suele ser el principal objetivo buscado, al proveer al mallín del nutriente que resulta limitante para su crecimiento. Sin embargo, como se verá en alguno de los ensayos que se mostrarán en esta publicación, la fertilización suele ir acompañada de un incremento en la calidad. La proteína bruta es uno de los nutrientes fundamentales en muchas etapas de la vida de un animal y su contenido puede ser modificado a través del agregado de nitrógeno. Otros parámetros de la calidad de la pastura como la digestibilidad son también susceptibles de ser mejorados.

Un efecto que se suele observar al fertilizar, es el cambio en la composición botánica de la cobertura vegetal. Particularmente el fósforo tiene efectos positivos en el crecimiento de especies leguminosas como los tréboles, que incrementan fuertemente la calidad del forraje. Asimismo la modificación de la estacionalidad de la producción es otro efecto que podría permitir, por ejemplo, adelantar el inicio de la estación de crecimiento del pasto o extender la temporada de crecimiento.

Es común, cuando se realiza siembra/intersiembra de pasturas, agregar fertilizante en la misma labor de siembra, con el objetivo de mejorar el crecimiento inicial de las plántulas que germinarán y de este modo incrementar el éxito de la implantación. No obstante, es importante no confundir este objetivo con los mencionados en el párrafo anterior, y que se desarrollaran en esta publicación, donde lo que se busca es mejorar la productividad de un recurso ya implantado o existente previamente (mallín).

Finalmente, una consideración que se debe realizar es que en sistemas que realizan cosecha de forraje para confección de reservas, el fósforo en el suelo suele disminuir progresivamente al ser exportado, y la fertilización fosforada resulta imprescindible para reponer los niveles de fósforo.

### Diagnóstico del ambiente

Esta publicación se centra en dos nutrientes principales, nitrógeno y en menor medida fósforo. Antes de tomar la decisión de fertilizar se debe conocer el sitio en el cual se trabaja. Dado que a través de la fertilización uno busca proveer a las plantas de aquel nutriente o factor que limita su crecimiento, los análisis y el diagnóstico del sitio son herramientas que nos permitirán conocer cuál de los factores resulta más limitante. A modo de ejemplo, si un mallín posee como principal limitante para el crecimiento la disponibilidad de agua, de nada servirá fertilizar con nitrógeno hasta no subsanar la disponibilidad de ese factor limitante. Un ejemplo de este tipo será mencionado más adelante (ensayo número 5, "Don Silverio").

Al momento de realizar el diagnóstico del recurso a fertilizar debemos considerar los diferentes factores que pueden estar limitando el crecimiento de las plantas: agua, cobertura vegetal, nutrientes, características fisicoquímicas del suelo.

Para evaluar estos factores es posible utilizar indicadores directos, por ejemplo análisis de suelo, o indirectos, por ejemplo la vegetación dominante o plantas indicadoras.

En lo que al agua se refiere, hay que evaluar su disponibilidad no solo en un momento puntual sino a lo largo de todo el año, siendo por lo tanto riesgoso evaluar el recurso en los meses invernales cuando la disponibilidad de agua no suele resultar limitante. La cobertura vegetal resulta fundamental al momento de realizar un diagnóstico de ambiente. Si la cobertura es baja, es muy probable que la respuesta a la fertilización sea baja y no justifique su aplicación desde la perspectiva económica. Lo mismo sucede cuando es dominante el “pasto salado” (planta C4) que rebrota a fines de primavera y verano, con temperaturas más elevadas y menor disponibilidad de agua.

Finalmente para completar el diagnóstico del ambiente es muy importante realizar un análisis de suelo para conocer sus características físico-químicas. Para realizar el muestreo de suelo se debe tomar una muestra que sea representativa del ambiente que se desea caracterizar. El primer paso antes de obtener la muestra es identificar la heterogeneidad interna del lote, definiendo, si fuera necesario, la presencia de más de un ambiente. En ese caso corresponde tomar una muestra para cada uno de ellos. Para obtener la muestra se extraen entre 15 y 20 submuestras de 0 a 30 cm de profundidad (también se pueden tomar de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm de profundidad) (San Martino, 2003); dichas submuestras se mezclan en una bolsa o balde hasta homogenizar cada una de las muestras, extrayendo finalmente 1 kg de cada muestra para enviar al laboratorio.

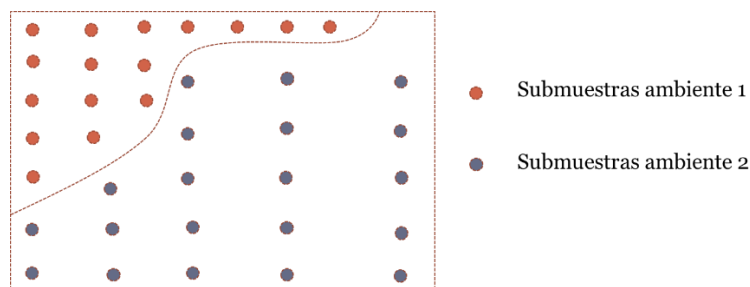


Figura 2.1: distribución posible de submuestras en un potrero con dos ambientes diferentes.

El conjunto de submuestras de un mismo ambiente conformaran una muestra de 1 kg aproximadamente. Las muestras deben ser debidamente rotuladas antes de ser llevadas al laboratorio.

Algunos de los principales análisis a solicitar son: pH, conductividad eléctrica, PSI (proporción de sodio en el complejo de intercambio catiónico), N total, P total y relación Carbono:Nitrógeno. Existen tablas con valores de referencia que se muestran en el anexo 1 y que son de utilidad para interpretar los resultados.

La conductividad eléctrica, el pH y el PSI son análisis que permiten conocer si el suelo posee características como salinidad o alcalinidad que pueden restringir el crecimiento de las plantas. Por su parte el nitrógeno total indica la abundancia de nitrógeno en la materia orgánica, la cual a través de la acción de los microorganismos del suelo estará disponible para las plantas en forma mineral. Asimismo la relación carbono/nitrógeno permite conocer la calidad de la materia orgánica, cuanto mayor es dicha relación menor es su calidad y por lo tanto habrá mayores restricciones para el trabajo de los microorganismos que se encargan de mineralizar el nitrógeno y hacerlo disponible para las plantas. En el caso del fósforo cabe destacar que no existe claridad respecto a la interpretación de los resultados, entre otros factores por la presencia (en algunos mallines de la región) de alofanos que interactúan fuertemente con este nutriente.

#### Tipos de fertilizantes y cálculo de dosis

Los fertilizantes se definen por su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio a través de un código llamado “grado”, el cual posee tres números separados por un guion, el primero indica la proporción de nitrógeno, el segundo la de fósforo y el tercero la de potasio. Si esta expresado en “grado equivalente” el segundo número indica la proporción de  $P_2O_5$  (1 punto de  $P_2O_5$  equivale a 0,437 de fósforo elemento) y el tercer número indica la proporción de  $K_2O$  (1 punto de  $K_2O$  equivale a 0,83 de potasio elemento). De esa forma uno puede realizar el cálculo de la cantidad de fertilizante a aplicar según el fertilizante a utilizar. A modo de ejemplo el fosfato diamónico (PDA) posee un grado de 18-20-0 lo cual indica que cada 100 kg de fertilizante posee 18 kg de nitrógeno, 20 kg de P y 0 K; el grado de la urea es 46-0-0, es decir que 100 kg de fertilizante tienen 46 kg de nitrógeno, 0 fósforo y 0 potasio.

La fórmula base para el cálculo de dosis es:

Dosis objetivo\*100/porcentaje de nutriente en el fertilizante (grado)

Por ejemplo, si se desea agregar 50 kg de nitrógeno y 15 kg de fósforo y contando con urea y fosfato diamónico como fertilizantes, el cálculo se haría de la siguiente manera:

- Dado que fosfato diamónico posee un grado de 18-20-0:

$$15 * 100 / 20 = 75 \text{ kg PDA/ha}$$

- Como el PDA posee 18 kg N por cada 100 kg de fertilizante:

En 75 kg de PDA se agregan 15 kg de nitrógeno.

- Dado que a través de la aplicación de 75 kg/ha se incorpora no solo P (15 kg) sino también 15 kg de N, restan aun aplicar 35 kg de N para llegar a los 50 kg/ha planificados. Por lo tanto, siendo el grado de la urea 46-0-0, aplicando la formula (1):

$$35 * 100 / 46 = 76 \text{ kg de urea/ha}$$

- Para cumplir el objetivo de agregar 50 kg de nitrógeno y 15 kg de fosforo se debería aplicar una mezcla de 76 kg/ha de urea y 75 kg/ha de PDA.

A continuación, se mencionan y describen algunos de los fertilizantes más comúnmente utilizados:

<u>Fertilizante</u>	<u>Grado</u>	<u>Descripción</u>	<u>Modo de aplicación</u>
Urea	46-0-0	Posee una alta concentración de nitrógeno. Presentación granulada. Reacción del suelo ácida.	Al voleo
Nitrato de amonio	32-0-0	Posee menor concentración nitrogenada que la urea. Tiene muy alta solubilidad. Presentación granulada.	Al voleo
Fosfato diamónico/monoamónico	18-20-0/12-22-0	Poseen alta concentración de fósforo y media/baja de nitrógeno. Pueden utilizarse como arrancador en siembra de pastura o intersembras. Presentación granulada. Reacción del suelo ácida.	Al voleo
Superfosfato triple de calcio	0-20-0	Posee alta concentración de fósforo aunque no aporta nitrógeno. Presentación granulada. Reacción del suelo neutra.	Al voleo
UAN	31-0-0	Presentación líquida. No está evaluado su desempeño en la zona.	Pulverización o inyectado al suelo

Tabla 2.1: características de los fertilizantes más comunes.

### Momento y modo de aplicación

Uno de los momentos críticos en lo que a requerimiento de nitrógeno se refiere es el comienzo de la primavera cuando la disponibilidad es mínima. En esta región las condiciones climáticas, como bajas temperaturas y precipitaciones concentradas en invierno, determinan que las plantas concentren su crecimiento en primavera hasta llegar a un pico en el mes de diciembre/enero y luego disminuir progresivamente. No obstante, en la primavera temprana, cuando comienzan a incrementarse las temperaturas, las plantas inician su crecimiento pero el suelo, debido a procesos de denitrificación, volatilización, lixiviación y una reducida mineralización durante el invierno, no cuentan con la disponibilidad de nitrógeno adecuada. Asimismo, los microorganismos en dicho momento poseen una baja actividad asociada a las bajas temperaturas edáficas. Es por ello que la fertilización nitrogenada de primavera puede mejorar el crecimiento de las plantas C3 en esa época del año. Las especies de ciclo C4 inician su crecimiento a fines de primavera cuando la disponibilidad de N es adecuada y está el suelo bien aireado pero la disponibilidad de agua comienza a ser limitante. Los ensayos que se mostrarán en los próximos capítulos corresponden a fertilizaciones en el mes de septiembre/octubre una vez que la napa freática se encuentra a 10 cm por debajo de la superficie (evitando fertilizar en zonas encharcadas). No obstante, es posible que el otoño sea otro momento en el cual la fertilización puede generar cambios positivos. En este sentido es necesario realizar nuevos ensayos para su evaluación.

Para la aplicación de fertilizantes existen máquinas (foto 2.1) de relativa simplicidad en su manejo. Las más comunes para la aplicación de fertilizantes granulados son aquellas que poseen una tolva en la cual se coloca el fertilizante y su distribución se realiza a través de fuerza centrífuga por la acción de un plato circular con aletas o de un brazo pendular que a su vez toman movimiento de la toma de fuerza del tractor. Estas máquinas poseen la ventaja de requerir bajo consumo de potencia, bajo costo, simplicidad de operación y buen ancho de labor. Para calcular la dosis se actúa sobre 3 aspectos hasta alcanzar la dosis deseada: selección de la velocidad de trabajo, apertura del orificio de salida en la tolva, y

ancho de labor. En el caso de los fertilizantes líquidos suelen utilizarse pulverizadoras, algunas autopropulsadas y otras de arrastre. En la zona es menos común la utilización de estas últimas para fertilización de mallines.

Para fertilizadoras de distribución centrifuga el cálculo de la dosis de fertilizante aplicado se realiza a través de la siguiente formula:

$$\text{Dosis (kgN/ha)} = \text{vel. de caída del fertilizante (kg/seg)} * 36000 / (\text{vel. de trabajo (km/h)} * \text{ancho (m)})$$

-La **velocidad de caída de fertilizante** se calcula tomando el tiempo que tarda en caer a través de la tolva una determinada cantidad de fertilizante, expresándolo en kg por segundo. Para modificar esta variable se actúa sobre la apertura del orificio de salida del fertilizante. Se puede calcular con el tractor en movimiento mientras se distribuye fertilizante en el potrero o con el tractor detenido recolectando el fertilizante en un bolsón.

-La **velocidad de trabajo** se determina seleccionando la marcha de trabajo a las revoluciones de régimen donde las revoluciones en la toma de fuerza del tractor son 540 rpm. Los tractores suelen contar con una tabla que indica para cada marcha y circulando a las revoluciones de régimen, la velocidad que se alcanza. De no contar con esa información, se puede calcular directamente en el terreno registrando el tiempo en recorrer 100 metros, con el equipo trabajando a régimen.

-El **ancho de labor** puede definirse registrando la distancia de caída de fertilizante a ambos lados del tractor y permitiendo cierta superposición para mejorar la uniformidad de distribución. Considerar 10 metros de ancho de labor suele ser adecuado, aunque este valor es aproximado y dependerá de la máquina y las condiciones de viento.



Foto 2.1: Proceso de fertilización al voleo. Establecimiento Los Pinos.

## Criterios económicos

Dado que el fertilizante posee un costo relativamente elevado, la implementación de esta tecnología requiere una alta eficiencia para que los beneficios generen una retribución tal que justifique su aplicación. Es por ello que la eficiencia resulta un concepto clave al hablar de fertilización. En este sentido podemos mencionar dos tipos de eficiencias: agronómica y de aprovechamiento del forraje producido.

**Eficiencia agronómica (EA):** se refiere a la cantidad de forraje producido por cada kg de nutriente agregado al suelo: Kg de materia seca (MS) de forraje/kg nutriente aplicado. Cuanto mayor sea la eficiencia mayor será la ganancia. Es posible, para un costo dado de la fertilización y un determinado valor monetario del forraje producido (ingreso), determinar la eficiencia agronómica de indiferencia por debajo de la cual no se obtiene beneficio económico. En la descripción de cada ensayo se indicará la EA obtenida para las diferentes dosis aplicadas. La misma suele disminuir a medida que se incrementa la dosis aplicada (Alvarez, 2007).

**Eficiencia de aprovechamiento del forraje (EAP):** se refiere a la cantidad de forraje aprovechado del total producido. Como se verá más adelante esta eficiencia resulta fundamental para definir el resultado económico de la tecnología. Dicho de otro modo fertilizar un mallín y utilizarlo con una baja eficiencia de aprovechamiento es posible que determine un pobre resultado económico. Cuando decimos aprovechamiento del forraje no nos referimos solamente a la cantidad sino también a la calidad del forraje cosechado, referido a proteína bruta y digestibilidad, que como mencionamos anteriormente pueden ser mejoradas a través de una correcta fertilización y pérdidas por una mala decisión al momento de utilizar el forraje.

Si analizamos las dos eficiencias en conjunto la primera (**EA**) indica en qué medida la vegetación del mallín aprovecha el fertilizante para incrementar su producción y la segunda (**EAP**) en qué medida el ganado aprovecha el incremento de forraje generado por la fertilización. Cualquier cambio en estas dos eficiencias repercute directamente en el resultado económico. De lo dicho surge la necesidad de diseñar estrategias para incrementar ambas eficiencias. El logro de altas eficiencias agronómicas dependerá de la correcta elección del ambiente a fertilizar, que dicho ambiente no posea una limitante mayor por agua o por cobertura de la vegetación, que la dosis elegida sea la adecuada (evitar sobredosis) y que el momento de aplicación corresponda con el recomendado. Por su parte el incremento en la eficiencia de aprovechamiento del forraje dependerá del modo de aprovechamiento del mismo; un pastoreo rotativo respetando el momento más oportuno en cuanto a cantidad y calidad de forraje en función de los requerimientos de la hacienda, permitirá un mayor aprovechamiento que un pastoreo continuo de forraje diferido en pie durante el invierno. Del mismo modo la cosecha para confección de reservas incrementa la eficiencia de utilización del forraje, en contraste con un diferido para utilizar en invierno.

Por lo antes mencionado resulta importante la realización de análisis económicos que permitan evaluar el resultado de la actividad y tomar una correcta decisión sobre su aplicación. El margen bruto permite conocer el beneficio que se genera por la aplicación de esta práctica, y básicamente consiste en la diferencia entre los ingresos y los costos directos totales. Cabe destacar que tanto los costos como los ingresos solo incluyen aquellos insumos o productos en los cuales se incurre por el hecho de realizar la actividad y en los cuales no se incurriría si la misma no se realizase.

A continuación, se muestra un esquema de margen bruto para calcular el resultado económico de la fertilización suponiendo la aplicación de un fertilizante nitrogenado y uno fosforado.

datos físicos	Cantidad	unidad
Fertilizante nitrogenado		kg/ha
Fertilizante fosforado		kg/ha
Incremento en forraje		kg/ha
Eficiencia de Cosecha		%
Forraje cosechable para reserva		kg/ha

costo	Cantidad	precio unitario	\$/ha
Labor de fertilización (ha)			0,00
urea (tn)			0,00
fosfato diamónico (tn)			0,00
Labor de enfardado (fardos)			0,00
total (\$)			<b><u>0,00</u></b>
<b>Ingresos</b>			
forraje fardo (kg)			0,00
total (\$)			<b><u>0,00</u></b>
Margen bruto (\$/ha)			<b><u>0,00</u></b>

Tabla 2.2: margen bruto en (\$/ha).

Como se puede observar los costos incluyen la tarea de fertilización, el precio de los fertilizantes aplicados y el costo del enfardado para cosechar el pasto. Los ingresos por su parte incluyen el valor del kg de fardo que se podría vender o se dejaría de comprar (costo de oportunidad) por incrementar la producción de fardos debido a la fertilización. En esta forma de cálculo se supuso que el forraje producido tenía como destino la confección de reservas, no obstante la actividad a la cual destinar la fertilización podría ser otra, por ejemplo novillos en engorde, engorde de ovejas viejas, corderos, etc.. Dado que tanto el precio de los insumos como el de los productos fluctúan tanto estacional como interanualmente no se incluyeron los valores, con el fin de que la persona interesada realice su propio margen bruto a partir de esta tabla. El incremento de forraje (Kg/ha) se puede estimar como el producto entre la EA para la dosis elegida y la cantidad de nutriente aplicado. La EA se obtiene de los resultados de los ensayos que se mostrarán más adelante de acuerdo al tipo de suelo y mallín; la cantidad de nutriente aplicado surge del producto entre la cantidad de fertilizante agregado y el grado del fertilizante elegido.

A continuación, se ejemplifica como varía la **eficiencia agronómica de indiferencia** de acuerdo al precio del producto (fardo), considerando diferentes valores de insumo (figura 2.2 a) y eficiencia de aprovechamiento del forraje (EAP) (figura 2.2b). La EA de indiferencia indica cuantos kg de forraje por cada kg de fertilizante es necesario obtener para que el resultado económico sea 0; superando ese valor de EA el resultado económico es positivo y por debajo negativo. A medida que se incrementa el precio del producto (fardo) la EA de indiferencia disminuye. Por otro lado, a medida que se incrementa el precio del insumo la curva se eleva indicando que a igual precio del producto a medida que aumenta el precio del fertilizante es necesario una mayor EA para obtener ganancias (figura 2.2 a). Del mismo modo se eleva la curva cuando la eficiencia de aprovechamiento (EAP) disminuye, es decir a medida que se aprovecha menos eficientemente el forraje es necesario que la EA sea mayor para obtener resultados económicos positivos (figura 2.2 b). Cabe destacar que estas curvas se realizaron con el objetivo de mostrar el efecto del incremento del precio del fertilizante o de la eficiencia con la que se cosecha el forraje, los valores pueden modificarse si cambian los precios considerados en el análisis.

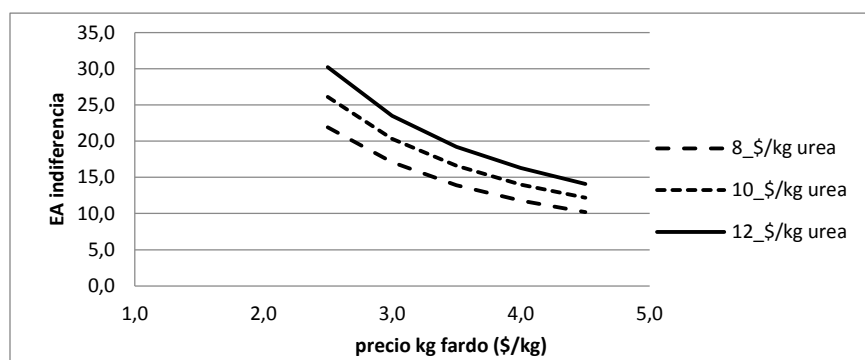


Figura 2.2 a: eficiencia agronómica de indiferencia en función del precio del kg de fardo, para diferentes precios de urea (se considera una EAP del 60 %)

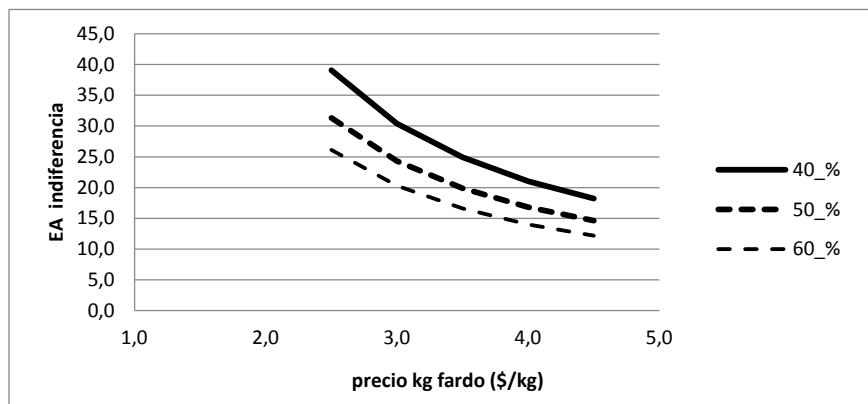


Figura 2.2 b: eficiencia agronómica de indiferencia en función de la eficiencia de aprovechamiento del forraje (se considera un valor de la urea de 10 \$/kg precio vigente a julio de 2016 en la zona de Esquel).

### Aspectos a considerar al momento de fertilizar

Para manipular el fertilizante es conveniente el uso de ropa que proteja todo el cuerpo, esto incluye la utilización de guantes de Goma o pvc, máscara y anteojos de protección, considerando las particularidades del fertilizante a utilizar. Si



se debe almacenar el fertilizante es necesario hacerlo en lugares ventilados, secos y frescos. Tomar todas las medidas de seguridad necesarias al momento de utilizar la maquinaria agrícola.

Para cuidar el ambiente es importante hacer un uso controlado y racional de esta tecnología. En este sentido es importante evitar fertilizar en exceso para tener altas eficiencias de uso del fertilizante, dado que el fertilizante no utilizado por las plantas quedará expuesto al ambiente (Mitsch y Gosselink 2007; Enriquez et al., 2014). Dicha exposición puede incrementar las pérdidas por lixiviación o formas gaseosas de nitrógeno. En ese sentido, fertilizar en el momento del año adecuado, no fertilizar cuando el agua se encuentra en superficie o generando situaciones de encharcamiento, dejar una franja de seguridad entre los cursos de agua y la zona fertilizada, son medidas que mitigan posibles efectos de la aplicación de esta tecnología sobre el ambiente (Echeverría y García 2014).

### 3- Ensayos realizados en la región

*Viviana Nakamatsu, Martín Villa, Georgina Ciari, Carlos Buduba, Walter Opazo, Guillermo García Martínez*

A continuación, se presentan los resultados de 5 ensayos realizados en el noroeste de Chubut:

Tipo de mallín – Ubicación

1. “húmedo-salino/alcalino”, El Chalet.
2. “húmedo-dulce-baja cobertura de gramíneas”, Fabiana Elizabeth.
3. “húmedo-dulce”, Montoso.
4. “subhúmedo-salino/alcalino-intersiembra de agropiro”, El Alfil.
5. “subhúmedo a seco-dulce-fuerte sequía”, Don Silverio.

Cada ensayo será presentado con la siguiente estructura:

- I. Descripción del sitio:  
*Suelo*  
*Vegetación:*
- II. Características del ensayo:
- III. Resultados productivos:  
*Producción de materia seca y eficiencia agronómica*  
*Calidad y vegetación*
- IV. Resultado económico:
- V. Conclusiones



Foto 3.1: ensayo de fertilización.

#### 1. Ensayo fertilización nitrogenada de un mallín “húmedo-salino/sódico”. Establecimiento El Chalet.

### Descripción del sitio:

El sitio donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a un mallín húmedo salino y alcalino, ubicado en la cuenca del arroyo Putrachoique. El contenido de nitrógeno es medio y el de fósforo alto. La relación C/N es favorable para la actividad microbiana y la liberación de nitrógeno (tabla 3.1). La cobertura de la vegetación es alta y la proporción de gramíneas supera el 50 % (figura 3.1)

### *Suelo:*

<b>Análisis</b>	<b>2014</b>	<b>Interpretación de resultados</b>
pH 1:1	9,1	fuertemente alcalino
CE (dS/m) 1:5	0,5	salino
% MO <sup>(1)</sup>	6,9	medio
% CO	3,5	medio
% N total	0,3	medio
Relación C/N	13,6	hay liberación de N
P disp. (mg/kg) <sup>(2)</sup>	29,0	alto
Na (meq/100 g)	5,6	alto
CIC (meq/100 g)	33,1	
PSI	16,9	sódico

Tabla 3.1: resultados del análisis de suelo. (1) Método de Davies y (2) método de Olsen. Fecha de muestreo 30/6/2014

### *Vegetación:*

Cobertura del suelo con vegetación viva (%): 99 %

Principales especies: la vegetación del mallín está dominada por gramíneas como “cola de zorro” (*Hordeum spp.*) y *Puccinellia pusilla*; graminoideas como “cola de chivo” (*Carex spp.*) y “junco” (*Juncus balticus*) y hierbas como “Pratia” (*Pratia repens*), “siete venas” (*Plantago lanceolata*), “achicoria” (*Taraxacum officinale*) y *Azorella caespitosa*.

Productividad: 2000/4000 kgMs/ha (según guía de condición).

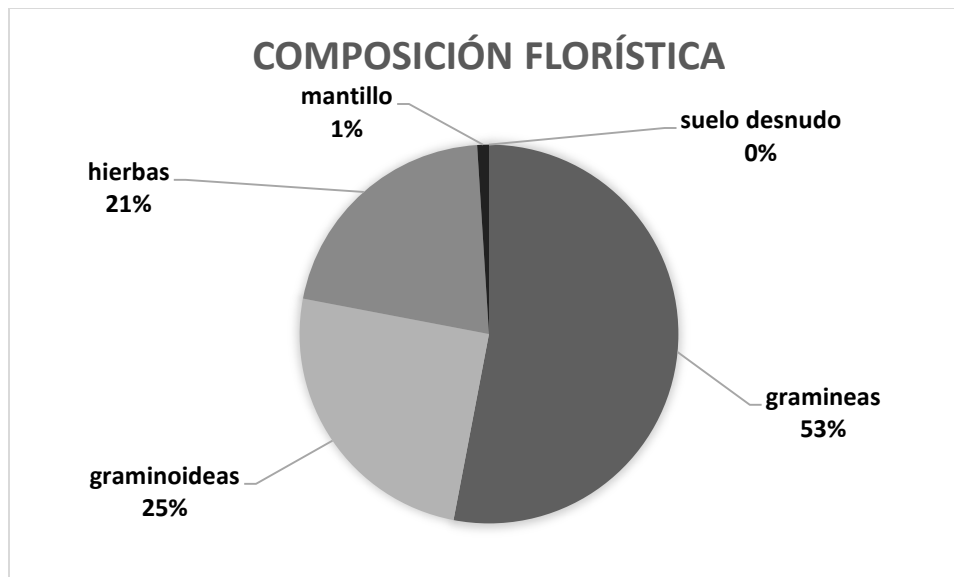


Figura 3.1: composición florística del mallín sin fertilizar.

Características del ensayo:

Nutrientes evaluados: nitrógeno.

Tratamientos evaluados (4): 4 niveles de nitrógeno (0, 75, 125 y 175 kg/ha).

Tamaño parcelas: 3X2,5 m (7,5 m<sup>2</sup>)

Diseño: completamente aleatorizado con 6 repeticiones por tratamiento.

Fecha aplicación de tratamientos: segunda quincena de noviembre de 2009; primera quincena de octubre de 2010.

Fechas de cosecha de biomasa: primera quincena de marzo 2010 y 2011.

VARIABLES ANALIZADAS: producción materia seca.

Resultados productivos:

*Producción de materia seca*

La fertilización generó incrementos significativos en la producción de materia seca con el agregado de nitrógeno (Nakamatsu et al., 2011a), siendo la producción en el segundo año mayor a la del primero (figura 3.2). La máxima eficiencia agronómica en ambos años se encontró al agregar 75 kg N/ha (figura 3.3).

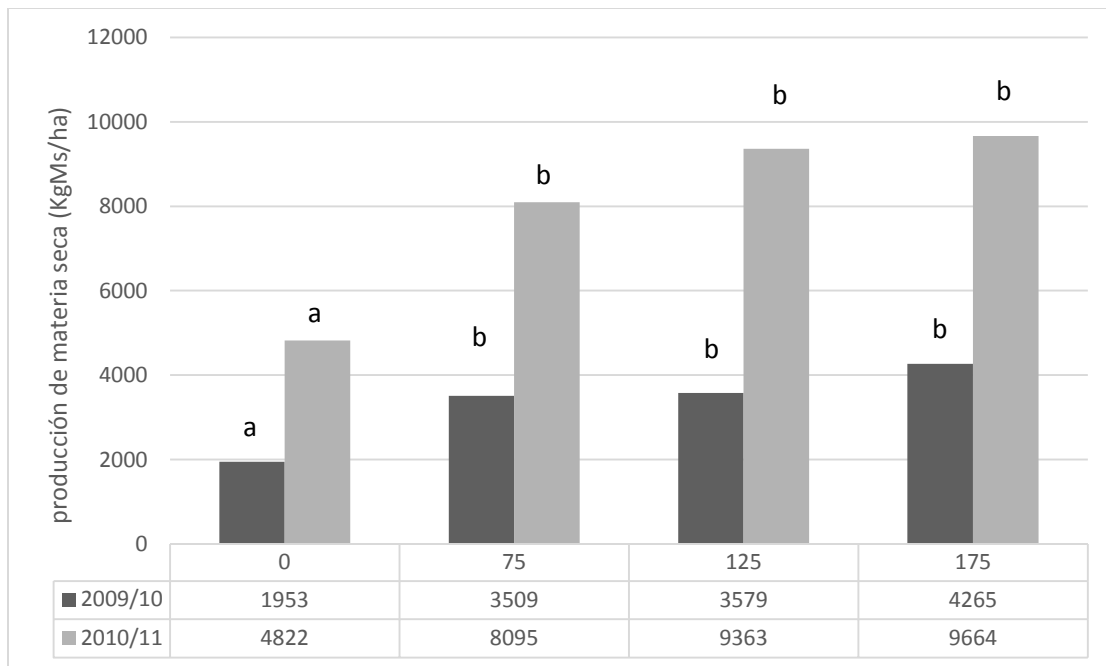


Figura 3.2: producción de materia seca por ha en función de la dosis de nitrógeno para las temporadas 2009/10 y 2010/11. Valor p: 2009-10 N=0.002; 2010/11 N=0.001. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma temporada.

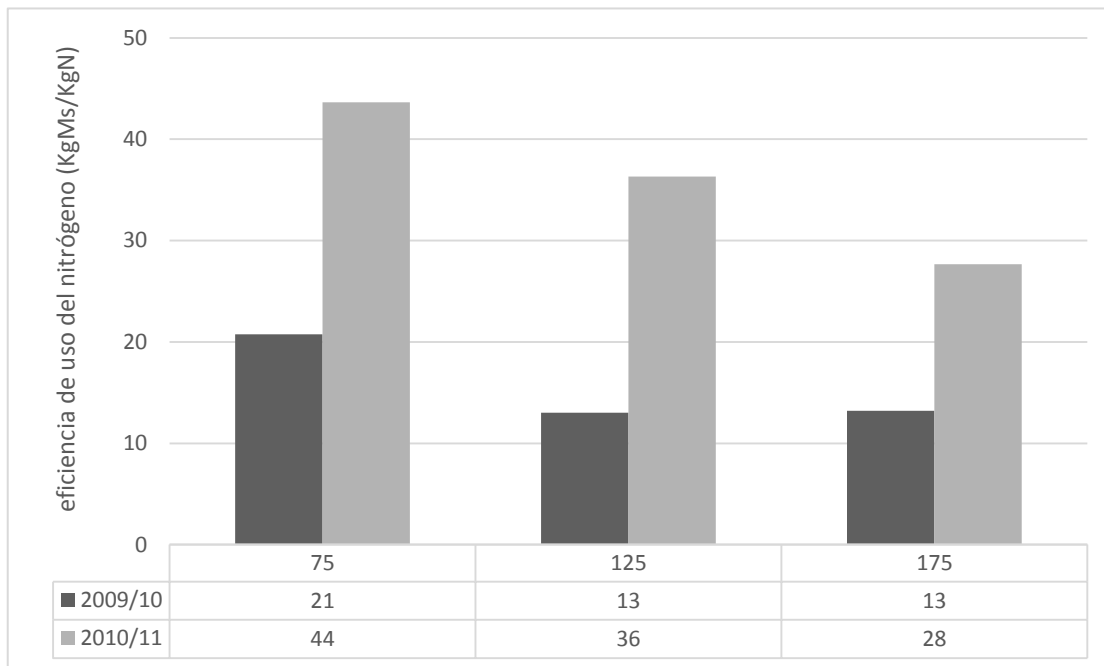


Figura 3.3: eficiencia agronómica en función de la dosis de nitrógeno para las temporadas 2009/10 (barra oscura) y 2010/11 (barra clara).

## Resultado económico:

El margen bruto por hectárea resultó, en concordancia con las EA alcanzadas, mucho más positivo en el segundo año que en el primero. Asimismo, mientras que en el primer año el margen bruto por hectárea fue positivo solo para la dosis de 75 kg N/ha en el segundo año fue positivo para todas las dosis. En el primer año el margen bruto más alto se alcanzó con 75 kg N/ha mientras que en el segundo con 125 kg N/ha.

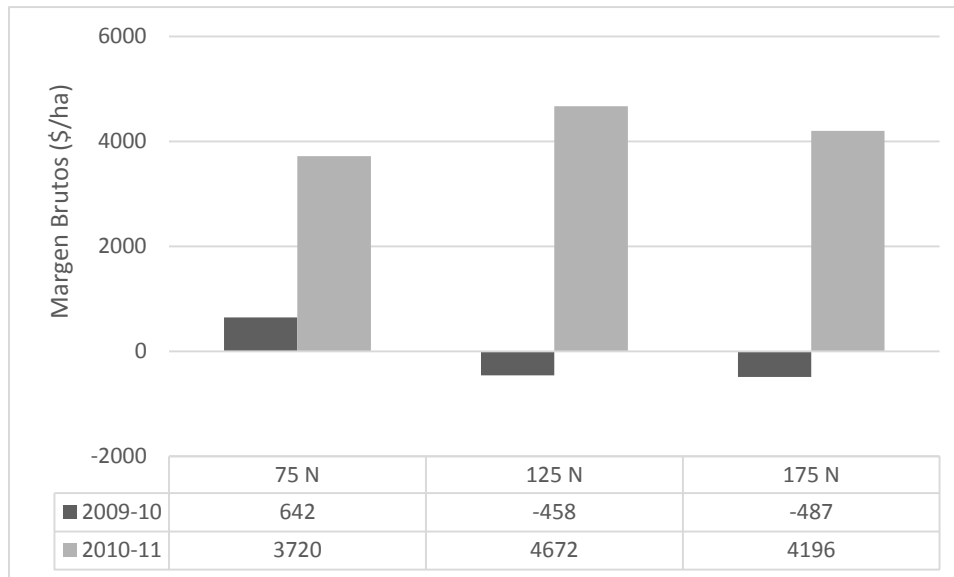


Figura 3.4: margen bruto en \$/ha para cada una de las dosis de nitrógeno en cada año. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamónico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Se consideró una eficiencia de aprovechamiento del 65 %. Datos a julio del 2016.

## Conclusiones

La fertilización generó diferencias positivas con el agregado de nitrógeno. Fue notable la mejora en el resultado de la fertilización durante el segundo año. Esto puede deberse a un aspecto climático o posiblemente se deba a que el primer año la vegetación respondió con cambios en la cobertura de gramíneas que el segundo año estuvieron en mejor condición para responder a la nueva fertilización.

Económicamente la fertilización resultó muy conveniente en este mallín. Los mejores resultados se encontraron en el segundo año.

## **2. Ensayo fertilización nitrogenada de un mallín “húmedo-dulce” con baja cobertura de gramíneas. Establecimiento Fabiana Elizabeth.**

### Descripción del sitio:

El sitio donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a un mallín “húmedo-dulce” con baja cobertura de gramíneas ubicado al NE del valle Genoa, cercano a la localidad de José de San Martín. El Nitrógeno resultó altamente limitante, como también la relación carbono:nitrógeno (88) lo cual sugiere la dominancia de procesos de inmovilización de nutrientes (Tabla 3.21). Si bien la cobertura vegetal es alta, la proporción de gramíneas es baja y no supera el 20 % (figura 3.5).

### *Suelo*

Análisis	2011	Interpretación de resultados
pH 1:1	7,26	cercano a la neutralidad
pH 1:5	7,55	cercano a la neutralidad
CE (dS/m)	0,405	sin problemas de salinidad
% MO <sup>(1)</sup>	6,7	alto
% CO	5	alto
% N total	0,054	muy bajo
Relación C/N	88	inmovilización de nutrientes
P disp. (mg/kg) <sup>(2)</sup>	5	bajo
Na (meq/100 g)	5,4	alto
CIC (meq/100 g)	68	
PSI	7.9	no sódico

Tabla 3.2: análisis de suelo. (1) Método de Davies y (2) método de Olsen.

### *Vegetación:*

Cobertura del suelo con vegetación viva (%): 100 %

Principales especies: La vegetación en el mallín está dominada por graminoideas como “cola de chivo” (*Carex. spp.*) y *Eleocharis. spp.*; gramíneas como “pasto miel” (*Holcus lanatus*) y “pasto de mallín” (*Poa pratensis*) y hierbas como “trébol blanco” (*Trifolium repens*) y *Acaena. spp* y (figura 3.5).

Productividad: 4000-6000 kgMs/ha (según guía de condición).

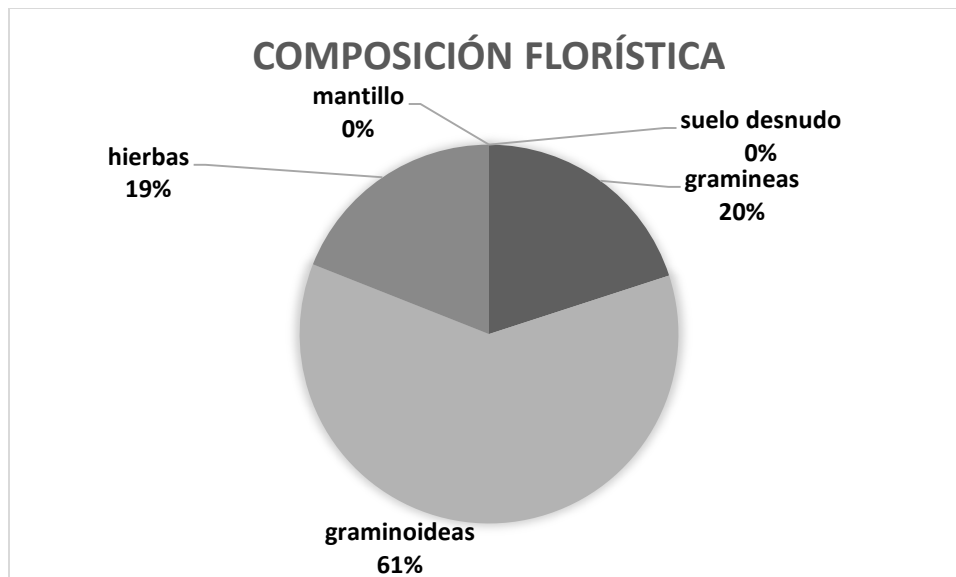


Figura 3.5: composición florística del mallín sin fertilizar.

Características del ensayo:

Nutrientes evaluados: nitrógeno.

Tratamientos evaluados (4): 4 niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha).

Tamaño parcelas: 3X2,5 m (7,5 m<sup>2</sup>)

Diseño: completamente aleatorizado con 6 repeticiones por tratamiento.

Fecha aplicación de tratamientos: septiembre de 2011 y 2012.

Fechas de cosecha de biomasa: noviembre y febrero de cada año.

VARIABLES ANALIZADAS: producción materia seca.

Resultados productivos:

*Producción de materia seca*

El mallín respondió favorablemente a la aplicación de Nitrógeno. Aunque los resultados no son significativos estadísticamente, el primer año, la máxima producción de materia seca se obtuvo con la aplicación de 150 kg/ha de N, mientras que para el segundo año se obtuvo aplicando 50 kg/ha de N (figura 3.6). La máxima eficiencia agronómica se alcanzó con dosis de 50 kg de Nitrógeno para ambos años, siendo 6 y 29 kgMS/kgN, para el primer y segundo año respectivamente (figura 3.7). La alta relación carbono/nitrógeno del suelo es posible que haya condicionado la respuesta a la fertilización.



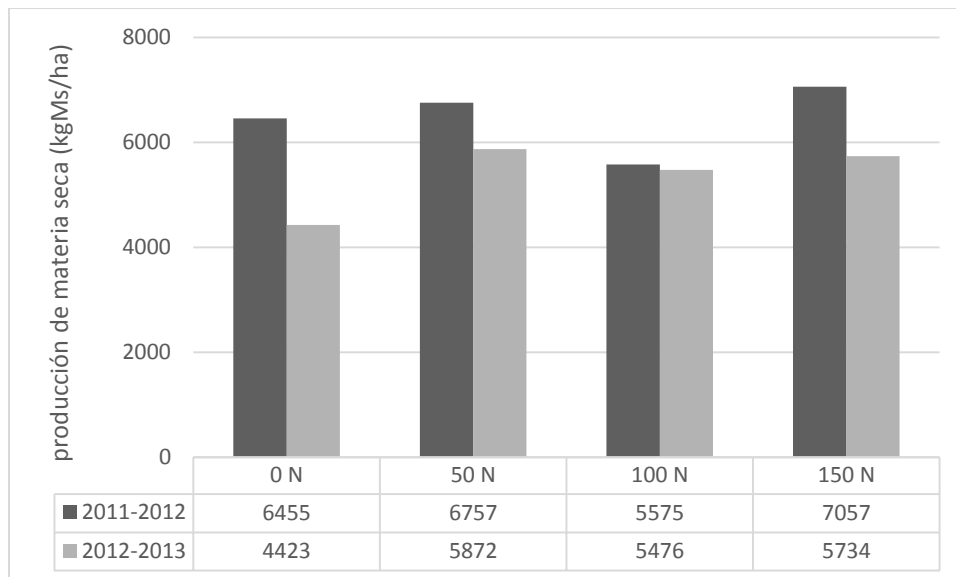


Figura 3.6: producción de materia seca por ha en función de la dosis de nitrógeno aplicada en ambas temporadas. Valor p: 2011-12 N=0.357; 2012-13 N=0.111.

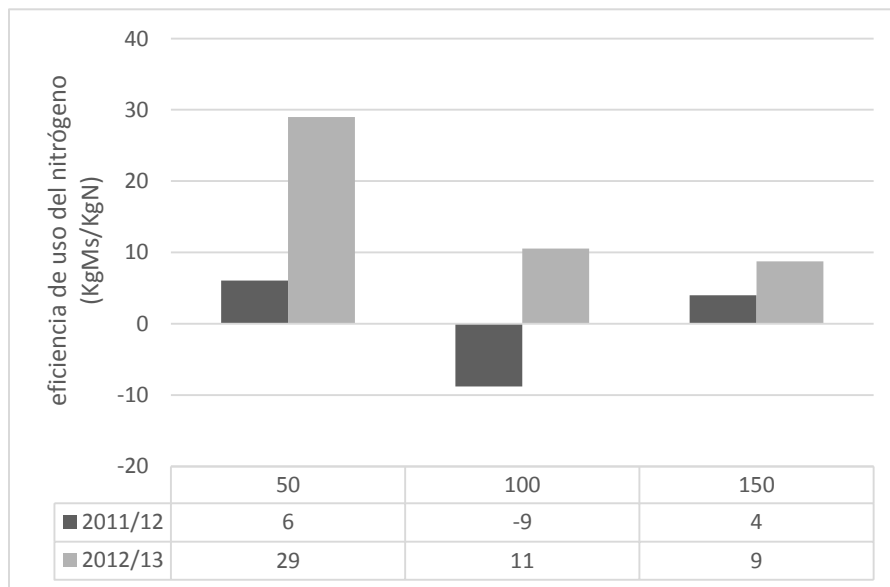


Figura 3.7: eficiencia agronómica en función de la dosis de nitrógeno en ambas temporadas.

### Resultado económico:

El margen bruto resultó negativo para todos los tratamientos el primer año. Sin embargo, fue positivo para el segundo año en la dosis de 50 kgN/ha, con un margen bruto de 1013 \$/ha (figura 3.8).

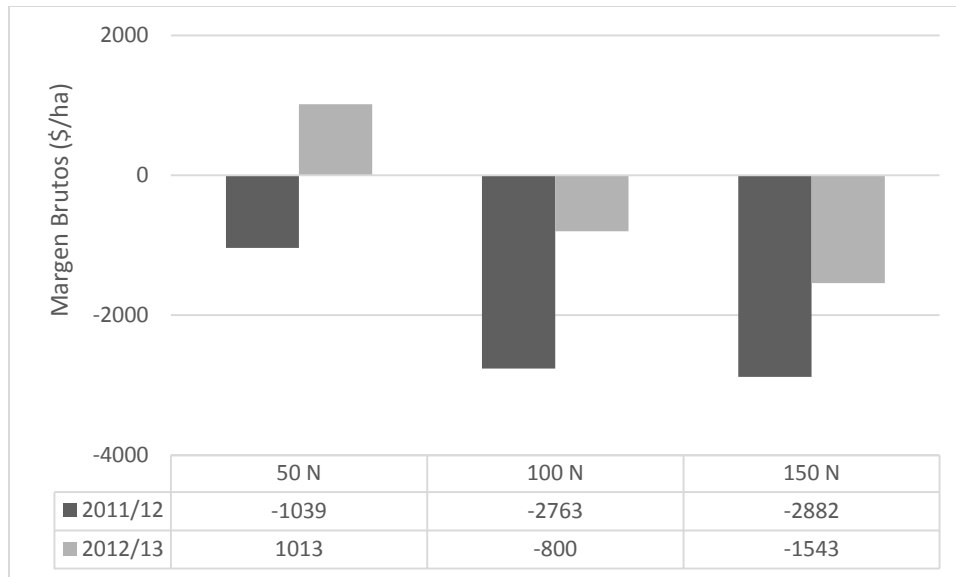


Figura 3.8: margen bruto en \$/ha para cada una de las dosis de nitrógeno en cada temporada. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamónico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Se consideró una eficiencia de aprovechamiento del 65 %. Datos a julio del 2016.

### Conclusiones

Si bien no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos la fertilización permitió mejorar la producción de forraje en todos los tratamientos y ambos años a excepción de la aplicación de 100 kg N/ha el primer año. El segundo año la respuesta a la fertilización fue mayor.

El margen bruto para el primer año fue negativo en todos los tratamientos, sin embargo el segundo año se obtuvo un resultado económicamente favorable con la aplicación de 50 kgN/ha. Esta última dosis parecería la más conveniente.

La baja cobertura inicial de gramíneas y la abundancia de especies indicadoras de deterioro (*Acaena sp.*), así como la alta relación C/N es posible que expliquen la baja respuesta a los tratamientos aplicados. La cobertura de gramíneas en el mallín resulta una característica importante al momento de evaluar una posible respuesta a la fertilización.

En el capítulo 4 se muestran los resultados de una aplicación real en un potrero destinado a confección de reservas en el mismo mallín donde se realizó este ensayo. Los resultados fueron muy positivos y convenientes económicamente.

### **3. Ensayo fertilización fosforada y nitrogenada de un mallín “húmedo-dulce”. Establecimiento Montoso.**

### Descripción del sitio:

El sitio donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a un mallín “dulce” sin limitantes químicas, ubicado en la cuenca del arroyo Lepá. Los nutrientes evaluados, Nitrógeno y Fósforo, no resultaron limitantes y la relación C/N es algo elevada y adversa para la actividad microbiana (tabla 3.3). La cobertura vegetal es alta al igual que la proporción de gramíneas que supera el 45 % (figura 3.9).

### *Suelo:*

<b>Análisis</b>	<b>2014</b>	<b>Interpretación de resultados</b>
pH 1:1	7,57	cercano a la neutralidad
CE (dS/m)	0,21	sin problema de salinidad
% MO <sup>(1)</sup>	17,67	alto
% CO	10,25	alto
% N total	0,29	alto
Relación C/N	35,30	inmovilización de N
P disp. (mg/kg) <sup>(2)</sup>	36,03	alto
Na (meq/100 g)	1,18	normal
CIC (meq/100 g)	42,40	
PSI	2.78	no sódico

Tabla 3.3: resultados del análisis de suelo. (1) Método de Davies y (2) método de Olsen. Fecha de muestreo 30/6/2014.

### *Vegetación:*

Cobertura del suelo con vegetación viva (%): 100 %

Principales especies: la vegetación del mallín está dominada por gramíneas como “pasto de mallín” (*Poa pratensis*) y “cola de zorro” (*Hordeum spp.*); graminoideas como el “Junco” (*Juncus bolticus*) y hierbas como “achicoria” (*Taraxacum officinale*). Cobertura de leguminosas muy baja.

Productividad: 4000/6000 kgMs/ha (según guía de condición).

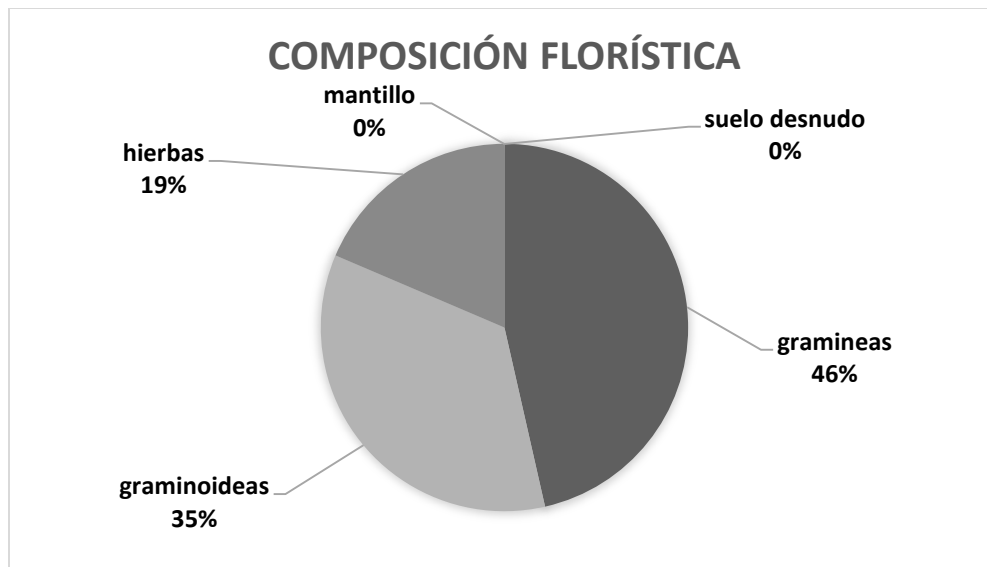


Figura 3.9: composición florística del mallín sin fertilizar.

#### Características del ensayo:

Nutrientes evaluados: fósforo y nitrógeno.

Tratamientos evaluados (8): combinación de 2 niveles de fósforo (0 y 50 kg/ha; el segundo año se aplicó 25 en lugar de 50 kg/ha) y 4 de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha)

Tamaño parcelas: 5X5 m (25 m<sup>2</sup>)

Diseño: completamente aleatorizado con 5 repeticiones por tratamiento.

Fecha aplicación de tratamientos: primera quincena octubre de 2014 y 2015. Los tratamientos se repitieron en las mismas parcelas ambos años, con la única diferencia que la dosis de fósforo aplicada fue menor (25 kg/ha).

Fechas de cosecha de biomasa: primera quincena de diciembre 2014. Primera quincena de enero 2016.

Variables analizadas: producción materia seca; proporción por grupo funcional; proteína bruta.

Observaciones: Se instalaron 3 frentímetros (2 m de profundidad) y dos registradores automáticos de temperatura de suelo.

#### Resultados productivos:

##### *Producción de materia seca*

El primer año al momento de la fertilización la napa freática se encontraba a 0,6 m de la superficie mientras que al momento de realizar el corte se ubicaba a 1 metro. La fertilización generó incrementos significativos en la producción de materia seca principalmente con el agregado de nitrógeno, y de forma marginal con el agregado de fósforo (figura 3.10). La máxima eficiencia agronómica sin complemento de fósforo se alcanzó con dosis de 100 kg de nitrógeno siendo de 9.3 kgMS/kgN, mientras que al aplicar fósforo se alcanzó con dosis de 50 kg de nitrógeno alcanzando la eficiencia un valor de 24.9 kgMs/kgN (figura 3.11).

El segundo año al momento de fertilizar la napa se encontraba a 0,28 m de la superficie mientras que al momento de realizar el corte se ubicaba a 1.27 m. Se observó un efecto significativo del agregado de nitrógeno pero no del fósforo. La mayor eficiencia agronómica sin agregado de fósforo se alcanzó con 50 kg de nitrógeno (29.3 kgMs/kgN). Lo mismo ocurrió con el agregado de fósforo, aunque la eficiencia alcanzada fue algo mayor, 31.6 kgMS/kgN.

Se hace la aclaración que en el caso de los tratamientos con fósforo la EA se calculó tomando como valor de referencia el control sin fósforo y sin nitrógeno. Por lo tanto en dichos tratamientos la EA indica la producción de materia seca por kg de nitrógeno, dada la aplicación de 25 kg de fósforo.

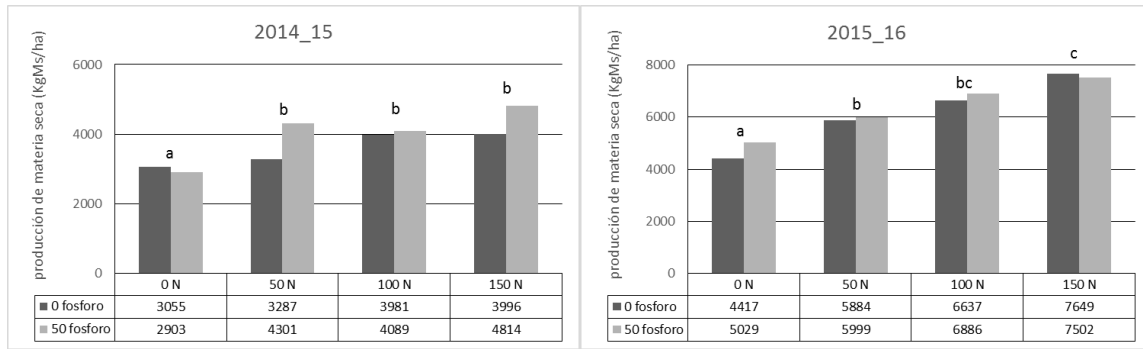


Figura 3.10: producción de materia seca por ha en función de la dosis de nitrógeno para 0 (columna oscura) y 50/25 (columna clara) kg de fosforo por ha para las temporadas 2014\_15 y 2015\_16. Valor p: 2014-15 N= 0.003, P= 0.086, N\*P= 0.319; 2015-16 N≤0.001, P=0.543, N\*P=0.882. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos de nitrógeno.

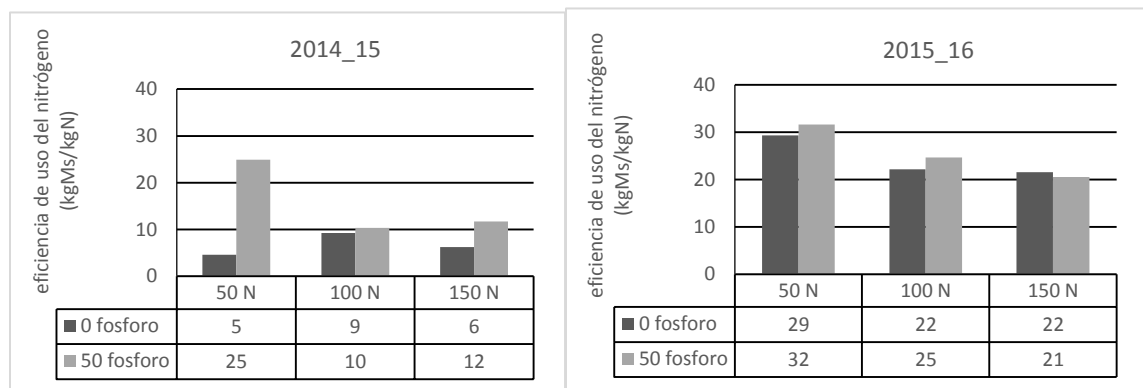


Figura 3.11: eficiencia agronómica en función de la dosis de nitrógeno para 0 (línea oscura) y 50/25 (línea clara) kg de fosforo por ha para las temporadas 2014\_15 y 2015\_16.

### Calidad y vegetación

Los resultados en este caso se muestran únicamente para el primer año. Además de incrementar la producción de materia seca, la fertilización nitrogenada promovió cambios en la proporción de grupos funcionales cuando se aplicó fósforo (figura 3.12). En este sentido se generó un incremento en la proporción de gramíneas y una disminución en la proporción de juncos. Asimismo, se incrementó el porcentaje de proteína bruta al incrementar la dosis de nitrógeno, con mayor notoriedad en aquellos tratamientos que recibieron una dosis de 50 kg de fosforo (figura 3.13).

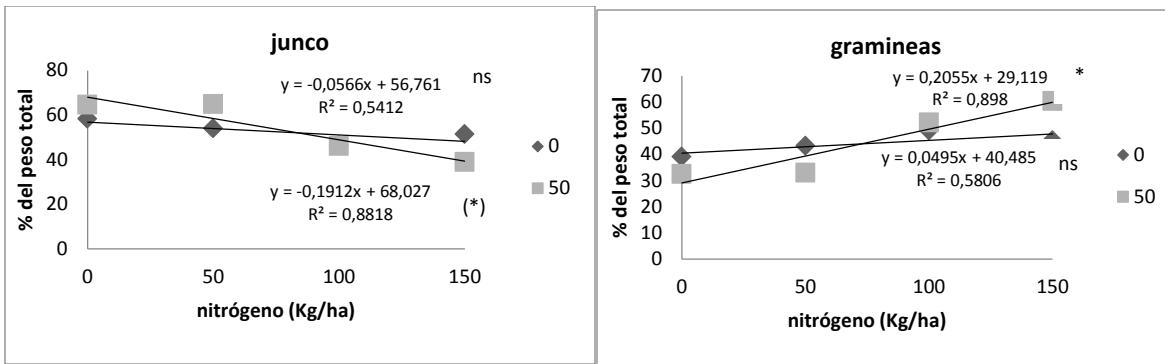


Figura 3.12: porcentaje de junco y gramínea con respecto al peso total en función de la dosis de nitrógeno para 0 kg (rombos oscuros) y 50/25 kg (cuadrados claros) de fosforo por ha. (\*) indica diferencias significativas con un  $p \leq 0,1$ . \* indica diferencias significativas con un  $p \leq 0,05$ .

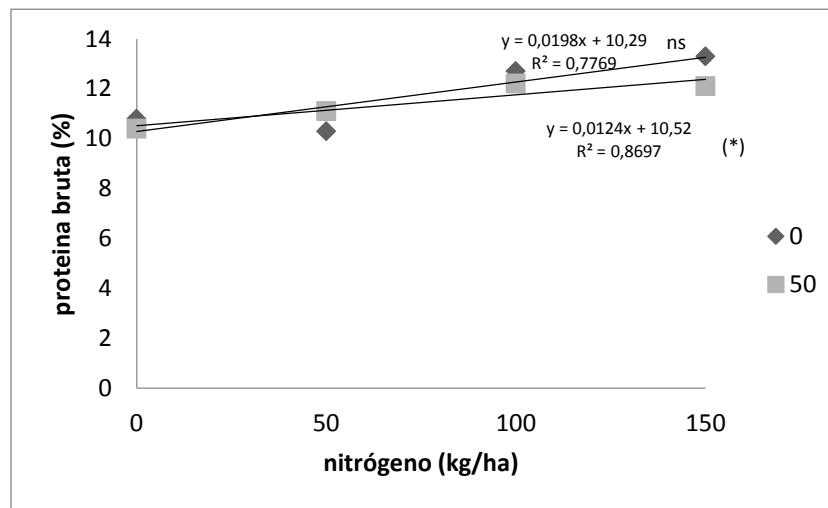


Figura 3.13: Porcentaje de proteína bruta en función de la dosis de nitrógeno para 0 kg (rombos oscuros) y 50 kg (cuadrados claros) de fosforo por ha. (\*) Indica diferencias significativas con un  $p \leq 0,1$ .

### Resultado económico:

En la primera temporada el margen bruto por ha resulto negativo en las diferentes dosis evaluadas (figura 3.14). Considerando que el corte en el primer año se realizó los primeros días de diciembre, es posible que de haber podido realizar un segundo corte de pasto en este ensayo las diferencias productivas se hubiesen incrementado siendo los resultados económicos positivos. La dosis de fósforo aplicada excede aquella que utiliza la vegetación para crecer, siendo la dosis del ensayo propicia para incrementar los niveles de fosforo en el suelo. Esta última estrategia es adecuada si se piensa como inversión pero no para un análisis económico de corto plazo.

En la temporada 2015\_16 el margen bruto resulto positivo para todas las dosis de nitrógeno aplicadas cuando no se aplicó fósforo. Cuando se aplicó fosforo, si bien continuo siendo positivo para todas las dosis, fue muy inferior.

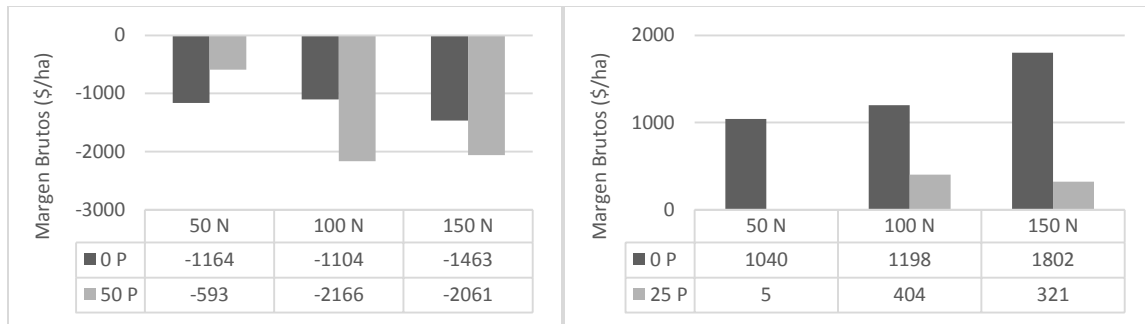


Figura 3.14: margen bruto en \$/ ha para cada una de las combinaciones de dosis de fósforo y nitrógeno para las temporadas 2014\_15 y 2015\_16. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamónico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Se consideró una eficiencia de aprovechamiento del 65 %. Datos a julio del 2016.

## Conclusiones

La fertilización generó diferencias positivas principalmente con el agregado de nitrógeno, y de forma marginal con el agregado de fósforo. Además de observarse cambios en la producción de materia seca se observó una mejora en el contenido de proteína bruta y en la proporción de grupos funcionales, esto último debido a un incremento en la proporción de gramíneas en detrimento de las graminoideas como los juncos.

Fue notable la mejora en el resultado de la fertilización durante el segundo año. Esto posiblemente se deba a que el primer año la vegetación respondió con cambios en la cobertura de gramíneas que el segundo año estuvieron en mejor condición para responder a la nueva fertilización. Además, el segundo año la napa freática se encontró más cerca de la superficie indicando esto una mejor condición hídrica del año.

Económicamente la fertilización resultó muy conveniente en este mallín sobre todo el segundo año y para todas las dosis de nitrógeno. El agregado de fósforo no pareció ser conveniente, probablemente ligado al alto nivel de este nutriente al comienzo del ensayo (Tabla 3.3). No obstante, si se realizasen reservas de forraje posiblemente con los años las reservas de fósforo disminuirían, haciendo necesario su reposición para mantener la fertilidad.

## **4. Ensayo fertilización fosforada y nitrogenada de un mallín “subhúmedo-salino/ sódico” intersembrado con agropiro alargado. Establecimiento El Alfíl.**

### Descripción del sitio:

El sitio donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a un mallín “subhúmedo-salino/ sódico” intersembrado con agropiro, ubicado en el valle del Genoa en las proximidades de Jose de San Martín. Los nutrientes evaluados, Nitrógeno y Fósforo, no resultan limitantes y la relación C/N es adecuada (tabla 3.4). La cobertura vegetal es del 100 % y la de gramíneas superior al 60 % (figura 3.15).

### *Suelo:*

Análisis	2010	Interpretación de resultados
Clase textural	franca	
pH 1:2,5	8,05	ligeramente alcalino
CE (dS/m)	8,45	extremadamente salino
% MO <sup>(1)</sup>	11,7	alta
% CO	6	alta
% N total	0,447	alto
Relación C/N	13	hay liberación de N
P disp. (mg/kg) <sup>(2)</sup>	69	alto
Na (meq/100 g)	60,7	muy alto
CIC (meq/100 g)	80,1	
PSI	75.7	Fuertemente sódico

Tabla 3.4: resultados del análisis de suelo. (1) Método de Davies y (2) método de Olsen. (3) Kurtz y Bray. Fecha de muestreo 30/6/2010.

### *Vegetación:*

Cobertura del suelo con vegetación viva (%): 100 %

Principales especies: la vegetación del mallín está dominada por gramíneas como “Agropiro alargado” (*Thinopyrum ponticum*), “Pasto salado” (*Distichlis sp.*), *Puccinellia pusilla*, “cola de zorro” (*Hordeum spp.*) y gramínoideas como “Junco” (*Juncus balticus*). Cobertura de leguminosas nula.

Productividad: 4000/6000 kgMs/ha (según guía de condición).



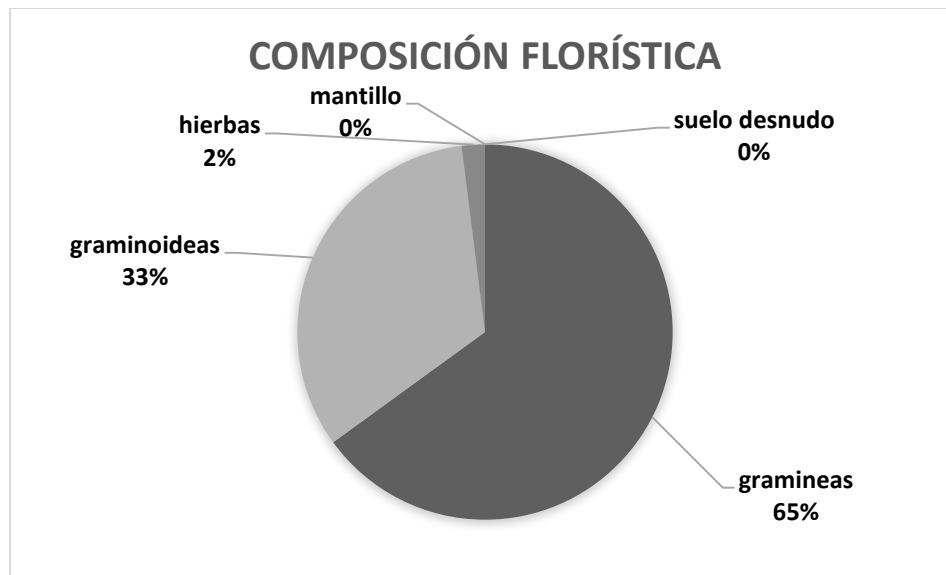


Figura 3.15: composición florística del mallín sin fertilizar.

#### Características del ensayo:

Nutrientes evaluados: fósforo y nitrógeno.

Tratamientos evaluados (12): combinación de tres dosis de fósforo (0, 20 y 40 kg/ha) y 4 de nitrógeno (0, 69, 138 y 207 kg/ha)

Tamaño parcelas: 3X2 m (6 m<sup>2</sup>)

Diseño: completamente aleatorizado con 4 repeticiones por tratamiento.

Fecha de aplicación de tratamientos: la aplicación de nitrógeno se realizó de forma fraccionada con 150 Kg/ha de urea por dosis. De este modo se realizaron 1, 2 o 3 aplicaciones de urea según la dosis final a aplicar (1<sup>er</sup> dosis 20/9/2010).

Fechas de cosecha de biomasa: 30-11-2010 y 30-3-2011.

VARIABLES ANALIZADAS: producción materia seca; proteína bruta y digestibilidad.

#### Resultados productivos:

##### *Producción de materia seca*

Se realizaron cortes a fines de noviembre, para evaluar el adelantamiento en el crecimiento de forraje y otro a fines de la temporada de crecimiento para estimar la producción total. En la primera fecha de corte se obtuvo una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada y una tendencia en la respuesta a la fertilización con fósforo y una interacción entre ambos (figura 3.16). En el corte realizado el 30 de marzo, que representa la producción total de la temporada de crecimiento, se encontró una respuesta positiva a la fertilización con ambos elementos habiendo también interacción entre ellos. (Nakamatsu, 2011b).

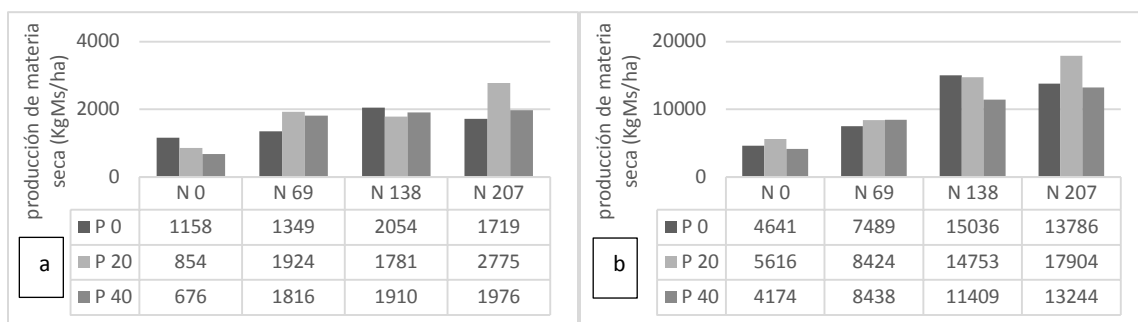


Figura 3.16: producción de forraje según la dosis de nitrógeno y de fósforo aplicada (Kg/ha) en noviembre (a) y en marzo (b). Valor p: 1° corte: N p<0,001; P p=0,0984; N\*P p=0,029; 2° corte: N p<0,0001; P p=0,008 y N\*P p=0,0214.

La eficiencia agronómica fue muy alta en todas las dosis evaluadas. El valor máximo de EA se obtuvo con la aplicación de 138 Kg de nitrógeno que equivalen a 300 Kg de urea (figura N° 3.17).

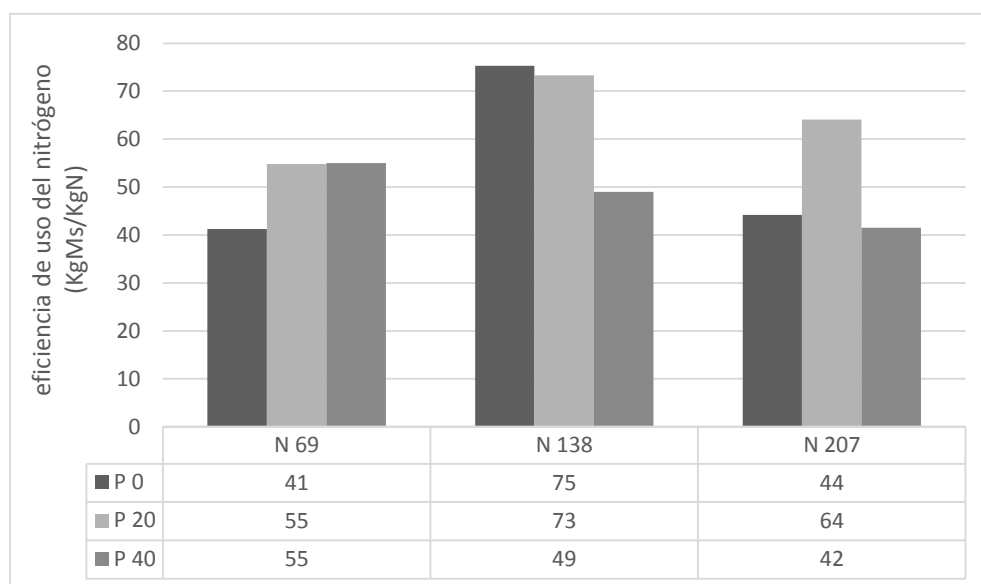


Figura 3.17: eficiencia agronómica en función de la dosis de nitrógeno para 0, 20 y 40 kg de fósforo por ha.

### Calidad (Proteína bruta)

La información de calidad presentada corresponde a la cosecha de fin de primavera de 2010. Además de incrementar la producción de materia seca, se incrementó el porcentaje de proteína bruta según la siguiente ecuación  $Y = 7,32 + 0,03P + 0,02N$ ; esto significa que cada kg de fósforo aumenta 0,03 y el nitrógeno 0,02 puntos porcentuales en el contenido de proteína bruta (figura 3.18). Según esta ecuación, con el agregado de 50 Kg de nitrógeno/ha se lograría aumentar 1 punto porcentual el contenido de proteína bruta del forraje de primavera. Cabe aclarar que la calidad de la materia seca en marzo disminuyó sensiblemente.

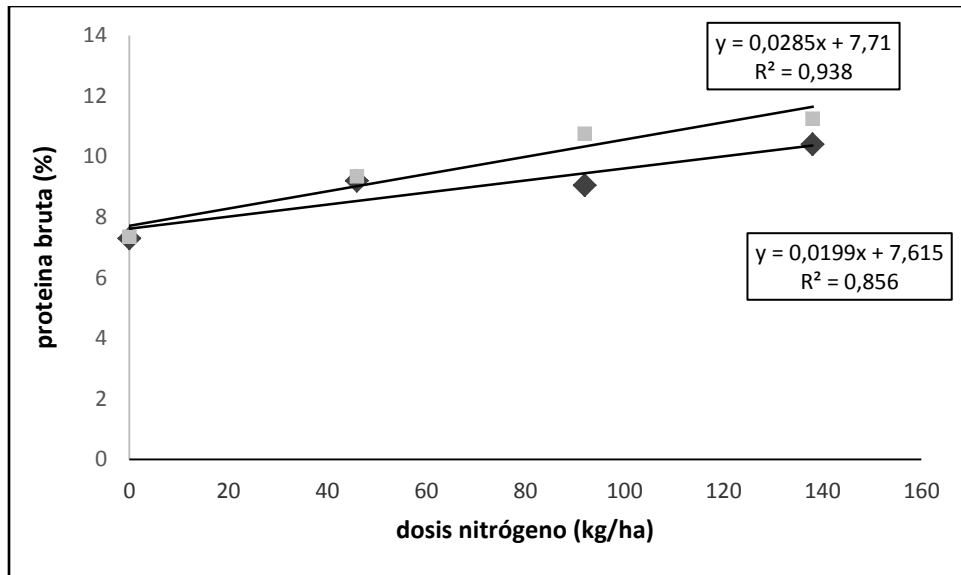


Figura 3.18: Contenido de proteína bruta en la materia seca, en función de la dosis de nitrógeno aplicado con (cuadrados claros) o sin agregado de fósforo (rombos oscuros).

### Resultado económico:

Dado que la gramínea dominante es agropiro, para la realización del margen bruto se consideró una eficiencia de cosecha del 50 %, la cual es menor que para el resto de los ensayos. El margen bruto por hectárea resultó positivo para todas las combinaciones de fósforo y nitrógeno. Los mayores beneficios se obtuvieron con dosis de fósforo de 20 kg/ha y dentro de esta dosis con 207 kg/ha de nitrógeno (figura 3.19).

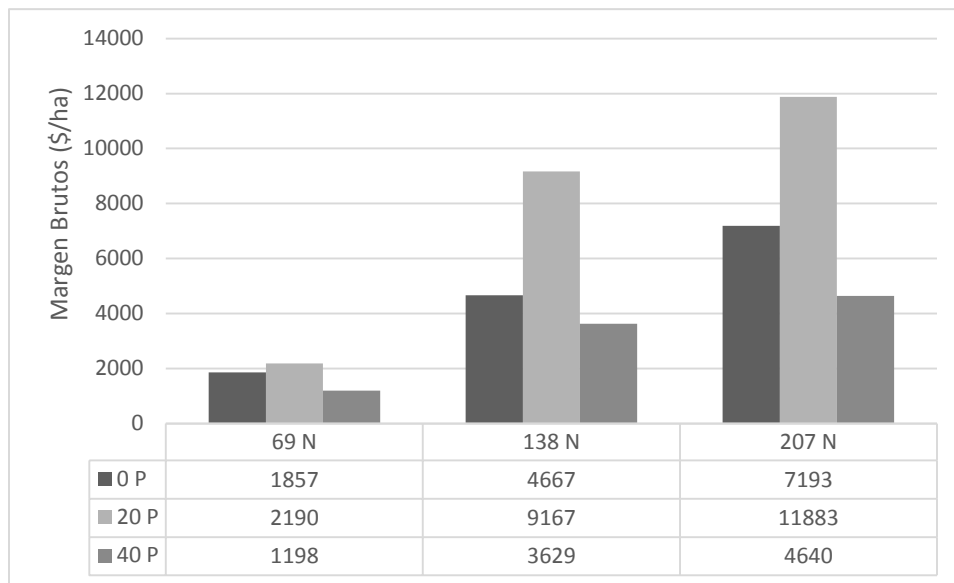


Figura 3.19: margen bruto en \$/ha para cada una de las combinaciones de dosis de fósforo y nitrógeno. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamónico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Dado que la gramínea dominante es agropiro se consideró como eficiencia de aprovechamiento un 50 %. Datos a julio del 2016.

### Conclusiones

La fertilización tanto nitrogenada como en combinación con fosforo, si se cuenta con agua disponible en el perfil del suelo, permite lograr grandes aumentos de producción de forraje. También se logra mejorar la calidad del mismo si es aprovechado en primavera ya que si se deja hasta fin de temporada cuando esta encañado, las calidades tienden a igualarse.

**5. Ensayo fertilización nitrogenada de un mallín “dulce” durante un período de sequía con fuerte restricción al crecimiento y baja cobertura de gramíneas. Establecimiento Don Silverio.**

Descripción del sitio:

El sitio donde se llevó a cabo el ensayo corresponde a un mallín “dulce” sin limitantes químicas ubicado en una pequeña cuenca afluyente del Arroyo Genoa. Cabe destacar que este mallín es de escurrimiento y si bien es atravesado por un pequeño arroyo el mismo es temporario y durante los años en que se llevó a cabo el ensayo no solo no corrió sino que la napa freática se ubicó a gran profundidad. Los nutrientes evaluados, Nitrógeno y Fósforo, no resultaron limitantes, al igual que la relación C/N (tabla 3.5). La cobertura vegetal total (55 %) y de gramíneas (32 %) es muy baja.

Suelo:

Análisis	2009	Interpretación de resultados
% MO <sup>(1)</sup>	43,5	alto
% CO	21,75	alto
% N total	1,78	alto
Relac. C/N	12,22	hay liberación de N
P disp. (mg kg <sup>-1</sup> ) <sup>(2)</sup>	21,41	alto

Tabla 3.5: Resultados del análisis de suelo. (1) Método de Davies y (2) método de Olsen.

Vegetación:

Cobertura del suelo con vegetación viva (%): la vegetación viva totaliza un 55 %, el resto corresponde a mantillo.

Principales especies: la vegetación del mallín está dominada por gramíneas como *Deschampsia spp.*, “pasto de mallín” (*Poa pratensis*) y “cola de zorro” (*Hordeum spp.*), graminoideas como “cola de chivo” (*Carex. Spp.*) y “junco” (*Juncus balticus*) y hierbas como “achicoria” (*Taraxacum officinale*) y *Caltha sagittata* (figura 3.20).

Productividad: 1000-3000 kgMs/ha (según guía de condición).

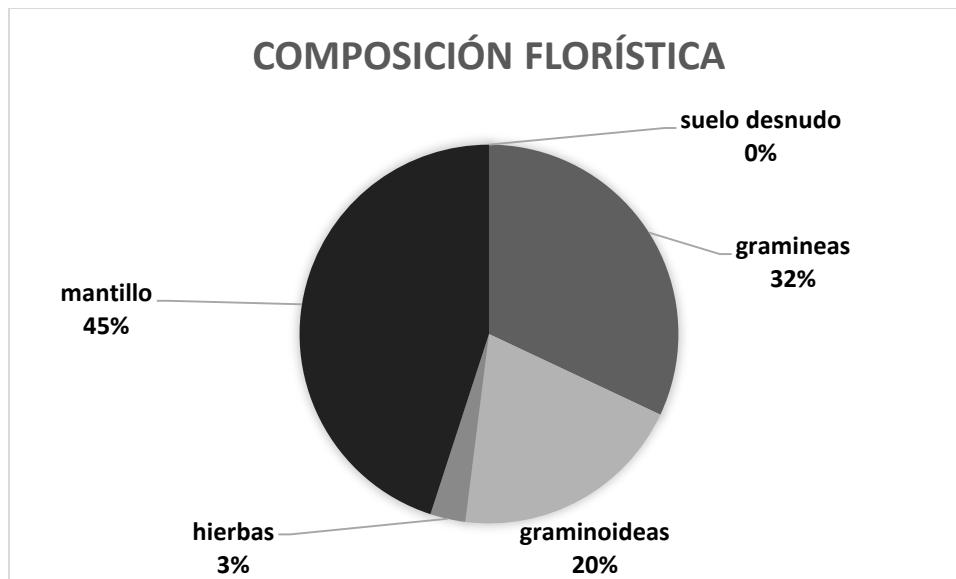


Figura 3.20: composición florística del mallín sin fertilizar.

#### Características del ensayo:

Nutrientes evaluados: nitrógeno.

Tratamientos evaluados (5): 5 niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150, 200 kg/ha).

Tamaño parcelas: 5X5 m (25 m<sup>2</sup>)

Diseño: completamente aleatorizado con 6 repeticiones por tratamiento.

Fecha aplicación de tratamientos: septiembre 2009, 2010, 2011.

Fechas de cosecha de biomasa: Se cosechó la biomasa en dos momentos, diciembre y febrero, para luego sumarlas obteniendo el peso acumulado. 2 marcos de 0.1 m<sup>2</sup> por parcela.

Variables analizadas: producción de materia seca.

Observaciones: Se instalaron 3 freatómetros hasta 2 metros de profundidad.

#### Resultados productivos:

##### *Producción de materia seca*

Los resultados obtenidos en los diferentes años no muestran diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos (Nakamatsu et al., 2013). Para los dos primeros años, el mejor resultado productivo se obtuvo con la aplicación de 100 kg/ha de N, con incrementos en producción de MS respecto al testigo para el primer y segundo año, de 646 y 651 kgMS/ha respectivamente. Es notable el descenso paulatino de productividad a lo largo de las 3 temporadas en que se realizó el ensayo (figura 3.21). Esto se debe a que la napa freática estuvo en todo el período por debajo de 2 m de profundidad (según lectura de freatómetro).

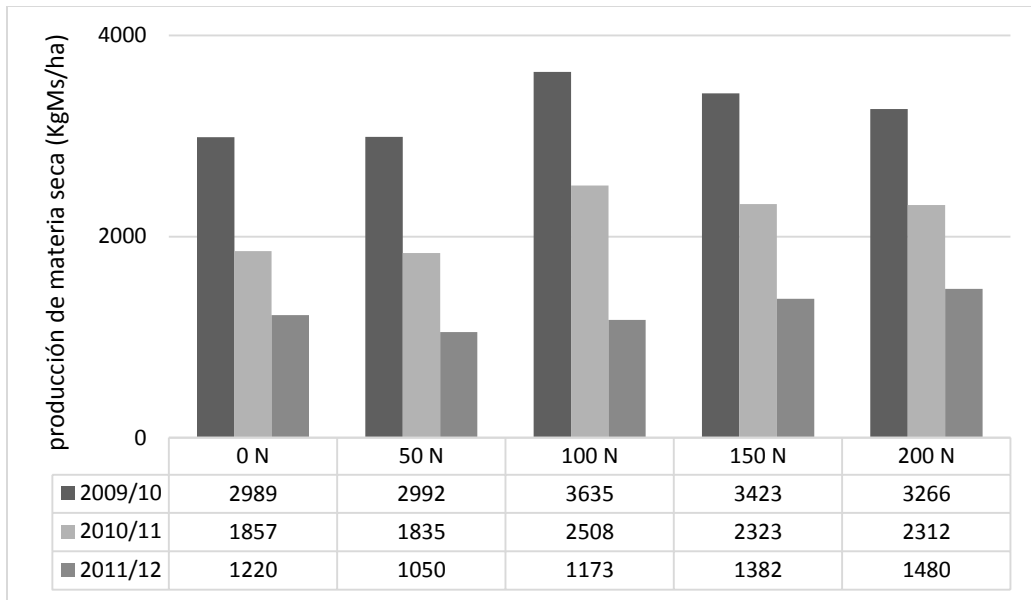


Figura 3.21: producción de materia seca por hectárea en diferentes años en función de la dosis de nitrógeno aplicada en cada tratamiento. Valor P: 2010/11 N=0.857; 2011/12 N=0.808.

En el primer año, la eficiencia agronómica fue baja para todos los tratamientos con el máximo alcanzado de apenas 6,45 kgMS/kgN, con dosis de 100 kg de Nitrógeno (figura 3.22). En los dos años posteriores la eficiencia fue casi nula.

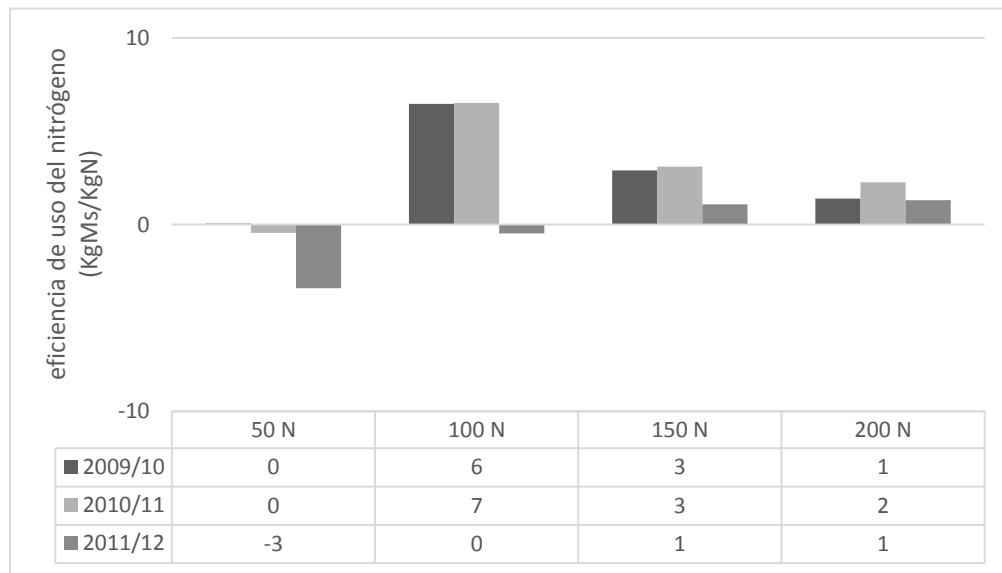


Figura 3.22: eficiencia agronómica en función de la dosis de nitrógeno para cada tratamiento y del año de aplicación.

### Resultado económico:

El margen bruto resultó negativo para todos los tratamientos en todos los años (figura 3.23).

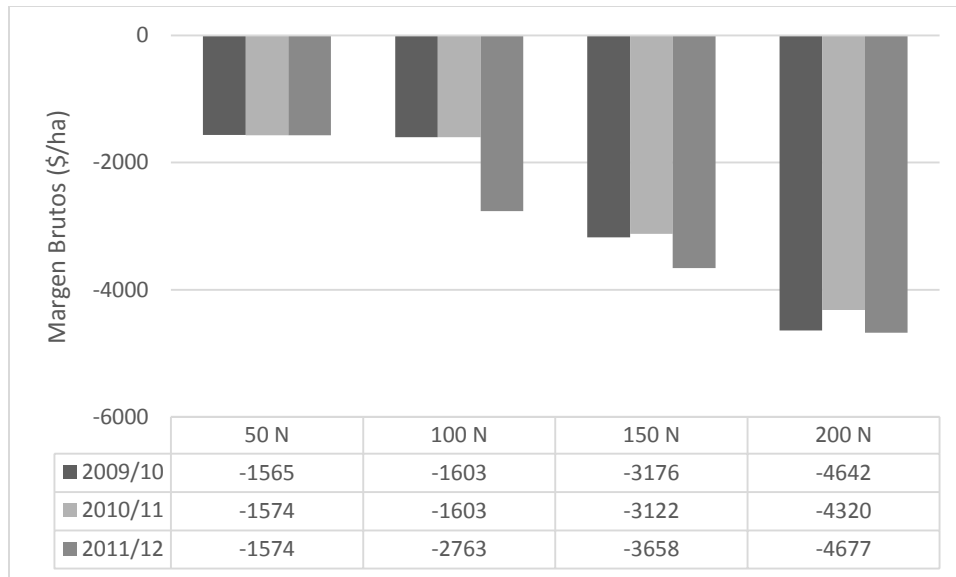


Figura 3.23: margen bruto en \$/ ha para cada una de las dosis de nitrógeno en cada año. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamónico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Se considera una eficiencia de aprovechamiento de 65 %. Datos a julio del 2016.

### Conclusiones

La fertilización nitrogenada no generó incrementos significativos de la productividad y consecuentemente los resultados económicos fueron negativos. Se observó en todas las parcelas, incluido el control, un descenso paulatino de la producción de forraje a lo largo de los años en que se realizó el ensayo. La falta de agua resultó la limitante principal para la productividad, restringiendo la respuesta al agregado de nitrógeno. Del mismo modo la baja cobertura vegetal y de gramíneas tuvieron un efecto negativo en la respuesta a la fertilización. Este es un ejemplo de un mallín donde la limitante principal no son los nutrientes sino la combinación de escasez de agua y baja cobertura vegetal, siendo por lo tanto no recomendable fertilizar hasta tanto no se subsanen las dos limitantes anteriores. Esta recomendación es extensible a todos aquellos mallines cuya principal limitante sea la falta de agua o baja cobertura vegetal.



## **4- Ejemplos de aplicación en casos reales**

*Guillermo Carlos García Martínez*

### Introducción

A partir de los resultados de ensayos realizados y descritos en los capítulos anteriores se hicieron recomendaciones a productores de la región. Algunos productores con la finalidad de incrementar el volumen de forraje generado decidieron aplicar esta tecnología.

El objetivo de este capítulo es mostrar el proceso de análisis que llevo a la recomendación de la aplicación de esta tecnología y describir los resultados que se obtuvieron en dos situaciones reales. Adicionalmente se muestra un resumen con la evaluación de 6 situaciones de fertilización correspondientes a 5 mallines.

### Metodología de evaluación

Con el fin de evaluar estadísticamente las diferencias entre aplicar y no aplicar fertilizantes en una situación productiva real se procedió a diseñar una metodología simple que permitiera obtener resultados confiables. Se utilizaron entre 5 y 7 mantas de lona de 4x2 metros aproximadamente. Inicialmente y luego de decidir la dosis a aplicar, se reguló la maquina fertilizadora de manera tal que distribuya el fertilizante deseado (ver metodología descrita en capítulo 2). Previo a fertilizar se colocaron las mantas aleatoriamente en diferentes partes del potrero, sujetándolas al suelo con estacas en las 4 esquinas. Se fertilizó y se recogió el fertilizante caído sobre las mantas de forma tal que dicho sector no reciba fertilizante. Una vez retirada la manta se marcaron debidamente las 4 esquinas del rectángulo para que pueda ser identificado una vez que creciera el pasto. Alcanzado el pico de producción, generalmente en el mes de enero, se procedió a cortar dos marcos de 0,1 m<sup>2</sup> dentro del rectángulo, correspondiente al tratamiento testigo sin fertilización, y dos marcos fuera del mismo, correspondiente al tratamiento fertilizado. Se secaron y pesaron las muestras de pasto para obtener la producción por ha. Finalmente se analizaron estadísticamente los resultados bajo un análisis de varianza en bloques completamente aleatorizados.

Más allá de los resultados de las experiencias evaluadas, que se presentaran a continuación, la metodología propuesta es una forma sencilla que puede ser aplicada por cualquier productor como forma de evaluar objetivamente la tecnología propuesta y tomar decisiones más confiables y objetivas. Pueden utilizarse como mantas bolsones de lana, lonas de camión, o cualquier elemento con que se cuente. La evaluación de un número elevado de mallines y la sistematización de la información, permitirá conocer de forma relativamente simple la respuesta a esta tecnología en diferentes situaciones y años. En este sentido resulta fundamental la interacción de productores e instituciones en el trabajo.



Foto 4.1: colocación de manta y contraste luego de varios meses entre sector fertilizado y testigo.

### Presentación de dos casos testigos

## Establecimiento

*Fabiana Elizabeth*

Este establecimiento se encuentra ubicado próximo a la localidad de Jose de San Martín sobre el valle del Genoa. Se dedica a la cría vacuna y posee como actividad alternativa el engorde de novillos. En un potrero de mallín de aproximadamente 30 ha realiza una reserva de forraje que luego cosecha para confeccionar rollos. Estos rollos luego son utilizados en el engorde y como suplemento invernal de vacas de cría. Eventualmente vende algunos a productores vecinos de la zona. El potrero posee el mismo uso hace más de diez años y se comenzó a fertilizar hace 2.

*Los Pinos*

Este establecimiento se encuentra ubicado próximo a la localidad de Río Pico, y se dedica a la cría vacuna y engorde de novillos a pasto. El primer invierno los terneros/novillitos son suplementados con fardo y balanceado. En un potrero de mallín de aproximadamente 10 ha realiza una reserva de forraje que luego cosecha para confeccionar fardos. Estos fardos son utilizados como suplemento invernal para los terneros. El potrero, que recibe riego complementario, comenzó a destinarse para confección de reservas 3 años antes de realizada esta evaluación y comenzó a fertilizarse 2 años antes.

A continuación se muestran los parámetros de suelo de ambos establecimientos:



Foto 4.2: corte de pasto en potrero fertilizado.

Fabiana Elizabeth

pH	Ce 1:2	% N	C/N	P	PSI
----	--------	-----	-----	---	-----

6.6	0.51	0.43	87.55	3.47	1.24
sin problemas	sin problemas	medio	inmovilización de nitrógeno	extremadamente bajo	sin problemas

#### Los Pinos

pH	Ce	% N	C/N	P	PSI
6.29	0.09	0.26	11.97	6	sd
sin problemas	sin problemas	bajo	hay liberación de N	bajo	

Tabla 4.1: análisis de suelo de los potreros de los dos establecimientos evaluados.

El potrero del establecimiento Fabiana Elizabeth está dominado por un suelo sin problemas de salinidad ni alcalinidad, con un PH cercano a la neutralidad. Posee un contenido de fósforo extremadamente bajo, tal vez debido al uso anual para confección de reservas. El contenido de nitrógeno en la materia orgánica es medio, pero la relación carbono nitrógeno es excesivamente alta, indicando esto que posiblemente se generen procesos de inmovilización de este nutriente. A partir de los resultados del análisis de suelo se decidió aplicar 75 kg de urea y 75 kg de fosfato monoamónico en la temporada 2013-2014 y 100 kg de urea y 50 de fosfatomonoamónico en la temporada 2014-2015. La aplicación de fósforo buscaba compensar la extracción anual que se realiza a través de la confección y extracción de reservas.

En el segundo establecimiento el suelo tampoco posee salinidad ni alcalinidad y el ph es levemente ácido. El contenido de fósforo es bajo al igual que el de nitrógeno. Se destaca la muy buena calidad de la materia orgánica, indicando que, a diferencia del suelo anterior, los procesos de humificación se desarrollan en buenas condiciones. Ninguno de los dos suelos posee presencia de cenizas alofánicas. A partir de los análisis de suelo se decidió aplicar 200 kg de urea por ha en la temporada 2014-2015. Es probable que en los próximos años de continuar confeccionando reservas sea recomendable aplicar fosforo.

#### Resultados productivos

Como se observa en la figura 4.1 la fertilización generó incrementos importantes en la producción de forraje, que fueron significativos estadísticamente a excepción del segundo año en Fabiana Elizabeth. En el establecimiento Fabiana Elizabeth la EA fue aproximadamente de 29 y 28 kg de materia seca por kg de N elemento aplicado el primer y segundo año respectivamente, mientras que en el caso de Los Pinos la EA fue de 43 KgMS/KgN. Es posible, de acuerdo a lo observado en la descripción de los suelos, que la baja calidad de la materia orgánica en el primer establecimiento haya generado procesos de inmovilización de nutrientes. En contraste, el segundo establecimiento posee una materia orgánica con características óptimas para la humificación (relación C/N=12). A pesar de las diferencias, en ambos casos la EA agronómica es muy buena.

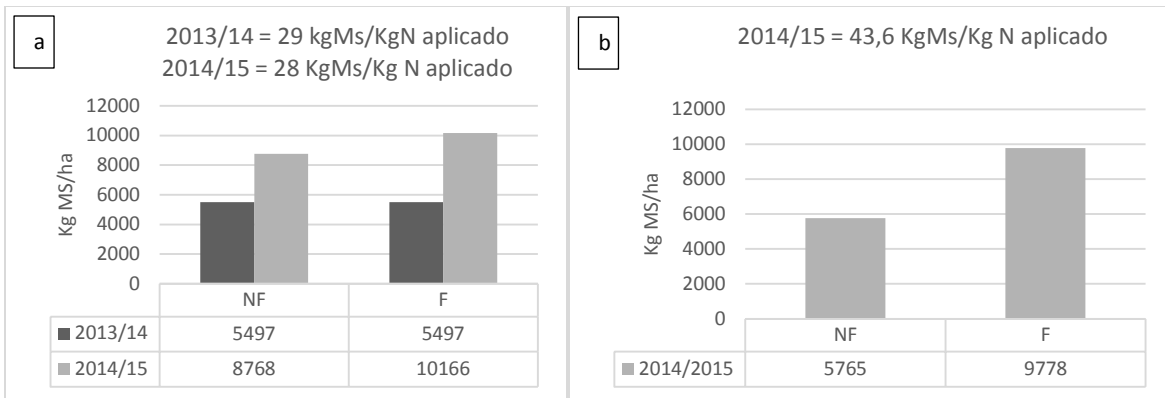


Figura 4.1: producción de materia seca por ha en los establecimientos Fabiana Elizabeth (a)(2013-2014: 75 PDA y 75 urea; 2014-2015: 50 PDA y 100 urea) y Los Pinos (b)(2014-2015: 200 urea). En la porción superior de la figura se indica la Eficiencia Agronómica (EA) obtenida de acuerdo a la dosis aplicada. Valor p: Menedin: 2013/14= 0.042; 2014/15=0.28; Carneglia 2014/15=0.002. NF: no fertilizado; F: fertilizado.

Como resultado adicional, en el caso de Fabiana Elizabeth podemos decir que en las tres temporadas analizadas se incrementó progresivamente la producción de rollos. En este sentido solo en las últimas dos se fertilizó el potrero según lo descrito en el análisis anterior (figura 4.2).

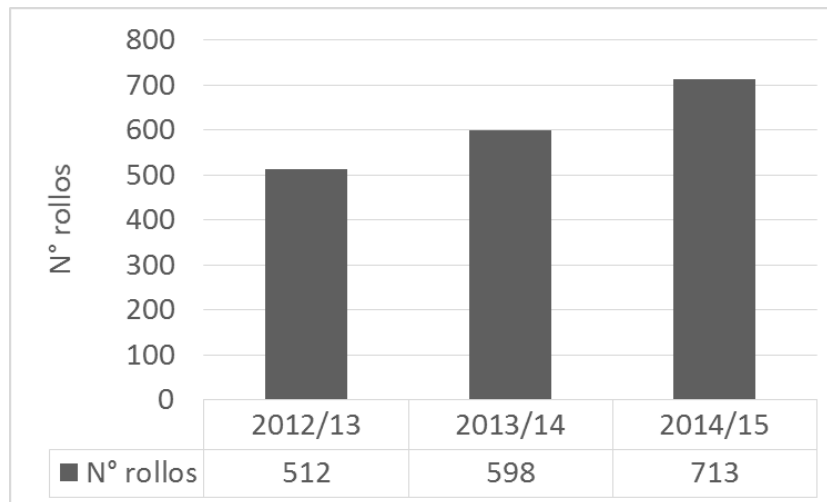


Figura 4.2: producción de rollos en el establecimiento Fabiana Elizabeth en tres temporadas consecutivas. En las dos últimas temporadas (2013/14 y 2014/15) se aplicó fertilizante según lo descrito anteriormente.

## Resumen 6 situaciones de fertilización evaluadas

A continuación se muestran los resultados de la fertilización de 6 situaciones reales en el campo de 5 productores; están incluidos los casos descritos anteriormente. La metodología utilizada para la evaluación de los resultados fue similar a la descrita en este mismo capítulo. Como se puede observar la fertilización incremento significativamente la productividad en todos los casos.

Campo	Temporada	Dosis N	Dosis P	incremento KgMs/ha	EA (kgMs/kgN)	tipo de mallin
Fabiana Elizabeth	2013-2014	48	13.5	1398	29	"dulce"
Fabiana Elizabeth	2014-2015	50	9	1398	28	"dulce"
Los Pinos	2014-2015	69	0	2415	35	"dulce"
Don Angus	2014-2015	69	0	2888	41	"dulce"
Don Dario	2015-2016	77	0	2465	32	"dulce"
Río Pico	2015-2016	77	0	1847	24	"dulce"

Tabla 4.2: Establecimiento, temporada, dosis de nitrógeno y fósforo, incremento en producción de MS, eficiencia agronómica y tipo de mallín para las diferentes situaciones evaluadas.

#### Resultado económico:

El margen bruto por ha resultado positivo en todas las experiencias. Cabe aclarar que en el caso del establecimiento Fabiana Elizabeth si bien el margen bruto por ha fue menor, se agregó no solamente nitrógeno sino también fósforo para recuperar los muy bajos niveles de este elemento que probablemente se deba al corte y confección histórico de reservas. En este sentido el agregado de fósforo es más costoso pero resulta una inversión necesaria para el buen funcionamiento de los suelos.

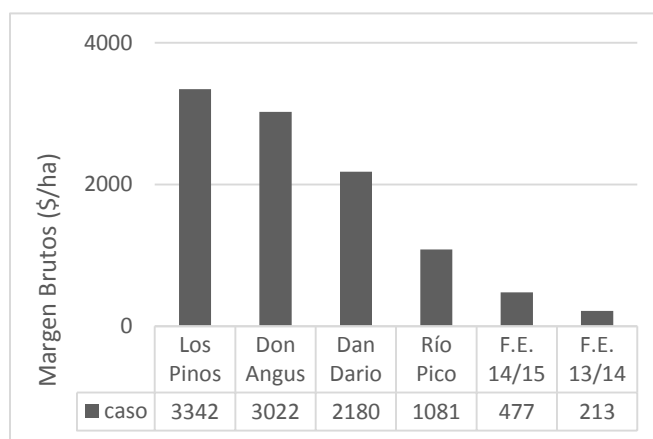


Figura 4.: margen bruto en \$ por ha de los diferentes casos analizados en la tabla 2. Se consideran los siguientes precios sin IVA: urea 10939 \$/tn, fosfato diamonico 14205 \$/tn, kg pasto fardo mallín 3.5 \$/kg, costo de aplicación 385 \$/ha, costo enfardado 15.1 \$/fardo. Se consideró una eficiencia de aprovechamiento del 65 %.

## 5- Conclusiones

*Guillermo García Martínez, Viviana Nakamatsu, Martín Villa, Georgina Ciari, Carlos Buduba*

A partir del conjunto de ensayos realizados es posible obtener algunas conclusiones que permitan mejorar la aplicación de esta tecnología. En esta sección plantaremos algunos aspectos a considerar al momento de tomar la decisión de fertilizar y diseñar la mejor estrategia. Asimismo, se plantearán aspectos del conocimiento que es necesario continuar trabajando.

### ¿Con qué objetivo o forma de aprovechamiento?:

La fertilización resulta una tecnología de altos costos y por lo tanto es importante evaluar el objetivo y forma de aprovechamiento del forraje generado. En este sentido resulta fundamental definir el uso que se le dará al forraje adicional generado, siendo recomendable utilizarlo en categorías de alto valor o para un uso estratégico dentro del establecimiento. A modo de ejemplo podemos mencionar el engorde de animales en pastoreo, la confección de reservas, el destete anticipado de corderos o terneros, etc. Es fundamental la utilización eficiente del forraje para incrementar la ganancia obtenida. Para ejemplificar esto último un uso diferido en invierno implica una eficiencia de aprovechamiento del forraje mucho menor (30-40 %) a un uso rotativo o la cosecha para confección de reservas (60-70 %) (ver capítulo dos, figura 2.2b).

### ¿Qué tipo de mallín y en qué situación conviene fertilizar?:

Es fundamental realizar un análisis de los factores que pueden estar limitando el crecimiento en el mallín, resultando fundamental tener en cuenta disponibilidad de agua y nutrientes y cobertura vegetal (principalmente gramíneas). El análisis de suelo es una herramienta de fundamental importancia para caracterizar el sitio, pero debe utilizarse en conjunto con los factores agua y vegetación.

A lo largo de esta publicación se mencionaron diferentes ensayos en tipos de mallines contrastantes. En uno de ellos el factor limitante era la cobertura de gramíneas y la calidad de la materia orgánica (caso número 2), y en otro el agua y la cobertura de gramíneas (caso número 5). En ninguno de ellos la fertilización tuvo resultados convenientes. En los otros tres casos la disponibilidad de agua y la cobertura vegetal y de gramíneas, no resultaban limitantes y la fertilización se presentó como una tecnología conveniente para incrementar la producción forrajera. Como referencia general conviene fertilizar aquellos mallines que posean una **cobertura de gramíneas C3 igual o superior al 45 %**. Sería posible fertilizar un mallín con menor cobertura de gramíneas si se tiene como objetivo promover este grupo funcional, pero a sabiendas que el resultado será pobre los primeros años. Del mismo modo la fertilización fosforada puede ayudar a promover especies como las leguminosas. En general se observaron mayores respuestas a la fertilización con nitrógeno en el segundo año de fertilización.

### ¿En que momento fertilizar:

En esta publicación solo evaluamos fertilizaciones de primavera temprana. La razón que motiva esta fertilización es otorgar a las plantas la dosis de nitrógeno necesaria en un momento en que las temperaturas del suelo son muy bajas para la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes no es suficiente para las plantas que están iniciando su crecimiento. En general las respuestas a este tipo de fertilizaciones fueron muy buenas. Es recomendable fertilizar a fines de septiembre comienzos de octubre una vez que no existe agua en superficie (encharcamiento). En uno de los ensayos (4) se evaluó el efecto de dividir la dosis en tres momentos a lo largo de la primavera con efectos positivos. No obstante es probable que a medida que nos acercamos al verano la disponibilidad de nitrógeno en el suelo se

incremente y no encontremos efectos significativos por fertilizar. Por lo tanto no podemos asegurar que dividir la dosis en dos o más momentos sea más conveniente que aplicar toda la dosis a comienzos de la primavera. Aún no hemos realizado suficientes evaluaciones del efecto de fertilizaciones otoñales pero sería esperable que existan respuestas positivas no solo en producción sino también en la estructura de la vegetación del mallín.

#### ¿Qué dosis aplicar?:

En general las mayores eficiencias se encontraron con aplicaciones entre 50 y 100 kgN/ha. La búsqueda de mayores eficiencias no solo es importante desde la perspectiva económica sino también con el fin de evitar aplicar fertilizante en exceso que no sea aprovechado por las plantas y quede libre en el ambiente. Del mismo modo, al momento de fertilizar es importante considerar los valores de insumos y productos y realizar un margen bruto que nos permita conocer la respuesta económica de aplicar esta tecnología. Para realizar el margen bruto se pueden utilizar los valores de referencia de EA surgidos de los ensayos de acuerdo a las características del mallín a fertilizar.

#### ¿Qué aspectos del conocimiento en la aplicación de esta tecnología debemos profundizar:

- Evaluar los cambios que la fertilización genera en la composición florística de la vegetación como consecuencia de la aplicación repetida de la tecnología en un mismo sitio durante varios años (Koerner et al., 2016).
- Comprender mejor la respuesta a la fertilización nitrogenada de diferentes grupos funcionales (gramíneas, graminoideas, hierbas, leguminosas).
- Evaluar la respuesta diferencial de especies nativas, naturalizadas e implantadas a la fertilización.
- Evaluar el efecto de fertilizaciones otoñales y eventualmente de fertilizaciones segmentadas en dos o más dosis a lo largo de la temporada.
- Evaluar en qué medida la fertilización puede generar algún impacto ambiental en el agua o el suelo. Si bien las dosis, frecuencia de aplicación y la extensión en superficie son bajas, es importante tener mayor conocimiento sobre posibles impactos.
- Entender la respuesta a la fertilización fosforada que es heterogénea entre ensayos. En este sentido comprender mejor los resultados de diagnósticos de suelo.
- Evaluar diferentes fuentes de fertilizantes, incluidos aquellos de liberación lenta y controlada, o foliar.
- Comparar los análisis de fósforo en suelo y foliar.
- Evaluar diferentes momentos de aplicación de fosforados, en especial cuando hay dominancia de especies estoloníferas o rizomatosas.

Como conclusión podemos decir que la fertilización de mallines aplicada considerando las características y potencialidades de cada sitio, las dosis y momentos adecuados, realizando el debido análisis económico y diseñando una estrategia de aprovechamiento adecuada, es una alternativa rentable para potenciar la producción de recursos tan importante como los mallines. Como cualquier tecnología debe ser aplicada en el contexto del sistema productivo, y por sus altos costos de manera estratégica.



## 6- Bibliografía

1. Alonso Paz, E., 1997. Plantas Acuáticas de los Humedales del Este. Probides-Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo.
2. Alvarez, R.A., 2007. Fertilización de Cultivos de Granos y Pasturas: Diagnóstico y recomendación en la Región Pampeana (No. 631.81). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía,
3. Angeli, R. y R. Bailey, 1998. Effect of nitrogen fertilizer on yield and quality of meadow foxtail hay. Eastern Oregon Agricultural Research Center.
4. Blom, C.W. y L.A. Voeselek, 1996. Flooding: the survival strategies of plants. Trends in Ecol. Evol. 11: 290-295.
5. Bueno, G.G., 2007. Variación espacial y temporal de la productividad de mallines patagónicos. Tesis para Magister de la UBA. RN. 86pp
6. Burgos, A.L., 1993. Caracterización de la relación entre disponibilidad hídrica y vegetación de un mallín precordillerano. Tesis de Licenciatura en Cs. Biológicas de la UN del Comahue. 83 pp.
7. Bruce Anderson, 2016. Still time to fertilize summer hay meadows.. Drovers.
8. Cook, Ch., 1990. Aquatic Plant. Academic Publishing. The Hague.
9. Declerck, S.; T. De Bie, D. Ercken, H. Hampel, S. Schrijvers, J. VanWichelen, V. Gillard, R. Mandiki, B. Losson, D. Bauwens, S. Keijers, W. Vyverman, B. Goddeeris, L. De meester, L. Brendonck, K. Martens, 2006. Ecological characteristics of small farmland ponds: associations with land use practices at multiple spatial scales. Biol. Con. 131: 523-532.
10. Del Valle, H. Mallines de ambiente árido. Pradera salina y estepo-graminoso en el NW del Chubut. 1993. En Puelo, J.M., M.B. Bertiller, T.M. Schlichter y F.R. Coronato. Secuencias de deterioro en distintos ambientes Patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. INTA-GTZ. pp31-39
11. Echeverría, H.E. y F.O. García, 2014. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA. 904 pp.
12. Enriquez, A.S.; R.A. Chimner y M.V. Cremona, 2014. Long-term grazing negatively affects nitrogen dynamics in Northern Patagonian wet meadows. Journal of Arid Environments, 109: 1-5.
13. Guía estudios Universidad San Juan Bosco.
14. Irisarri, J.G.N., 2008. Variación espacial y temporal de la productividad primaria neta aérea de mallines del Noroeste de la Patagonia. Tesis de Magister UBA. RN. 77 pp
15. Koerner, S.E.; M.L. Avolio, K.J. La Pierre, K.R. Wilcox, M.D. Smith y S.L. Collins, 2016. Nutrient additions cause divergence of tallgrass prairie plant communities resulting in loss of ecosystem stability. Journal of Ecology.
16. Lanciotti, M.L.; G.L. Bonvisutto, J.P. Bellati y R.C. Somlo, 1993. Mallines. Recopilación bibliográfica. INTA-PRODESER. 28 pp.
17. Lanciotti, M.L.; M.V. Cremona y A.L. Burgos, 1998a. Evaluación del estado hídrico de mallines de una subcuenca de la Patagonia semiárida. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Córdoba.
18. Lanciotti, M.L.; G.L. Bonvisutto, J. Bellati, R. Somlo, 1998b. Mallines: suelos, vegetación, fauna y nutrición animal. Recopilación bibliográfica. IV Jornadas de Suelos de la Patagonia. Pto. Madryn (Chubut), 9 al 11/12/92.
19. Luque, J.L. y M.E. Amari, 1995. Características de los suelos de los mallines del campo experimental de Río Mayo (Chubut). Argentina. INTA, EEA Chubut, 15 pp.
20. Luque J.L., 1997. Laboratorio de Análisis agronómico. Estación experimental agropecuaria INTA Chubut.
21. Mitsch, W. J. y J.G. Gosselink, 1993. Wetlands. Van Nostrand Reinhold, New York.
22. Mitsch, W. J. y Gosselink, J. G., 2007. Wetlands. Hoboken (NJ): Wiley, 582.
23. Movia, C., Owen, G y Pérez, C. 1978. Praderas y matorrales de hidrófitas (mallines). En Estudio de la Vegetación de la provincia de Neuquén, Tomo 1. Relevamiento. Pp: 128-129.
24. Nakamatsu, V.; C. Buduba, W. Opazo y M. Villa, 2011a. Effect of nitrogen (N) fertilization on forage yield and plant composition in alkaline meadow of Patagonia. In IX Congreso Internacional de Pastizales Naturales. Rosario. Argentina.

25. Nakamatsu V., 2011b. Memoria annual 2011 EEA Esquel. Determinación del efecto de la fertilización nitrogenada (N) sobre la producción y valor nutritivo del forraje de un mallín salino, intersembrado con agropiro alargado. <http://inta.gob.ar/documentos/memoria-anual-2011-eea-esquel>
26. Nakamatsu, V.; W. Opazo y G. Ciari, 2013. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad forrajera de un mallín dulce. "Los Pastizales y el Hombre, producir y conservar" VI Congreso Nacional III Congreso del Mercosur y II Jornada Técnica de productores. Lugar: Santa Rosa, La Pampa; Año: 2013.
27. Raffaele, E., 1996. Relationship between seed and spore banks and vegetation of a mountain flood meadow (mallín) in Patagonia, Argentina. *Wetlands*, Vol. 16 No 1, 1-9 pp.
28. San Martino, L., 2003. Fertilización de mallines en la Patagonia. -- Santa Cruz (Argentina): Ediciones INTA, 2003. 44 p.
29. Vuckovic, S.; B. Cupina, A. Simic, S. Prodanovic y T. Zivanovic, 2006. Effect of nitrogen fertilization and undersowing on yield and quality of *Cynosuretum cristati*-type meadows in hilly-mountainous grasslands in Serbia. *Journal of Central European Agriculture*, 6(4).

## **Anexo 1:**

Criterios para evaluar la calidad de un suelo de mallín a través de sus propiedades fisicoquímicas.

*Conductividad eléctrica:*

<b>Relación 1:2</b> dS m <sup>-1</sup>	<b>Relación 1:5</b> dS m <sup>-1</sup>	Valoración
0 – 0,25	0 – 0,12	Muy bajo nivel de sales y muy baja concentración de nutrientes.
0,25 – 0,75	0,12 – 0,35	Nivel de sales adecuado
0,75 – 1,25	0,35 – 0,65	Pocos cultivos toleran este grado de salinidad
+ 1,75	+ 0,90	Muy pocos cultivos toleran este grado de salinidad

(Guía estudios Universidad San Juan Bosco)

*Sodio:*

Valor límite de PSI a partir del cual se presentan problemas: 15 %. En suelos finos dicho valor puede ser más bajo.

(Guía estudios Universidad San Juan Bosco)

Criterios para evaluar la fertilidad de un suelo de mallines:

*Materia orgánica y nitrógeno:*

	M.O. (%)	N (%)
Región cordillerana y zona subandina		
Alto	17-35	0.6-1
Medio	7-17	0.3-0.6
Bajo	3.5-7	0.1-0.3
Muy bajo	0.8-3.5	0.05-0.1
Región de sierras, mesetas y costa		
Alto	3->5	0.25-0.3
Medio	2-3	0.2-0.25
Bajo	1.2-2	0.15-0.2
Muy bajo	0.8-1.2	0.1-0.15

(Guía estudios Universidad San Juan Bosco)

*-Relación Carbono/Nitrógeno:*

10-12 : 1	La humificación se desarrolla en buenas condiciones
12-20:1	Hay liberación de N
20-30:1	No hay liberación ni inmovilización del N
> 30:1	Hay inmovilización de N

(Luque, INTA Chubut)

*Fosforo:*

	P	Respuesta a la fertilización
Método Bray y Kurtz I		
Excesivo	>100	
Alto	40-100	Sin respuesta
Medio	20-40	Incierta
Bajo	<20	Alta
Método Olsen		
Excesivo	>40	
Alto	20-40	Sin respuesta
Medio	10-20	Incierta
Bajo	<10	Alta

(Guía estudios Universidad San Juan Bosco)

Los mallines en Patagonia son ambientes que se desarrollan en zonas bajas del paisaje, a lo largo de cursos de agua permanentes o semipermanentes o cuencas sin salida, donde se acumula el agua.

La mayor disponibilidad de agua que poseen respecto de las áreas de estepa es el origen de las diferencias en la vegetación y el suelo.

La presencia de agua es un elemento fundamental porque influye en la formación y en las características físicas, químicas y biológicas de los suelos y de la vegetación.

A su vez, el uso resulta una causa relevante de las modificaciones hidrológicas dentro de los mismos o en las cuencas que los alimentan.



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación