

# Uso de fertilizante fosforado en la producción de maíz forrajero en la Región de Los Ríos

Editores/as:

Erika Vistoso G. (evistoso@inia.cl), INIA Remehue

Josué Martínez-Lagos, INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA REMEHUE N° 285 – AÑO 2021

## Introducción

En la Región de Los Ríos, como en otras regiones de la macrozona sur, los sistemas productivos ganaderos de leche, carne y/o lana basan su alimentación en praderas naturalizadas, mejoradas y sembradas, las que se desarrollan sobre suelos derivados de cenizas volcánicas (suelos Trumaos, Ñadis y Rojos Arcillosos), donde la dinámica del fósforo (P) está regulada por las condiciones de acidez natural y su alta capacidad de adsorción que reduce la eficiencia de uso de los fertilizantes fosforados solubles en agua (ej. fosfato monoamónico, fosfato diamónico y superfosfato triple). Esta alta capacidad de adsorción de P que presentan en forma natural este tipo de suelos (85-95% en suelos Trumaos, Besoain y Sadzawka, 1999) ha generado como resultado, desde la revolución verde, la aplicación de una gran cantidad de fertilizantes fosforados para compensar los requerimientos de las especies pratenses y cultivos forrajeros y, sostener la producción de los sistemas productivos ganaderos pastoriles de la región.

A nivel nacional, el consumo de fósforo representa aproximadamente el 62% del consumo nacional, en la macrozona sur (ODEPA, 2021). En los suelos volcánicos, la aplicación de fertilizantes fosforados para superar la baja recuperación de P de las especies pratenses y cultivos forrajeros, requiere de una mayor eficiencia para incrementar la producción de forraje y productos animales, con un mínimo impacto en el medio ambiente. Por otro lado, la marcada estacionalidad que presentan las praderas en su producción y calidad mineral y nutritiva, en relación a los requerimientos del ganado de leche, carne y/o lana, genera una gran cantidad de forraje en los meses de primavera y un déficit en los meses de verano e invierno; debido a las condiciones

climáticas de la estación estival caracterizadas por altas temperaturas y déficit hídrico, e invernal con bajas temperaturas y exceso de humedad. Para la Región de Los Ríos, a nivel predial, una forma de sincronizar la oferta forrajera durante la estación estival e invernal con los requerimientos del ganado de leche, carne y/o lana, es establecer un cultivo suplementario que genere el forraje de uso directo o conservado para suplementar la alimentación del ganado.

## Maíz forrajero

El maíz forrajero (*Zea mays* L.) se cultiva en la zona mediterránea húmeda (bajo riego) y templada del país. Es una planta con tallos gruesos, hojas alargadas enrolladas al tallo y raíz primaria de la que nacen raíces adventicias, las cuales mantienen la planta erecta. Las raíces pueden alcanzar profundidades de hasta 1,8 m por lo que se requiere que el suelo utilizado tenga al menos unos 70 - 100 cm de profundidad y que no presente problemas de drenaje. La temperatura es un factor clave ya que incide en la germinación, desarrollo y madurez de la planta, requiriéndose temperaturas de al menos 6-8°C para la germinación y temperaturas de crecimiento entre 18-28°C. Su siembra puede ser con labranza convencional o cero labranza, estableciéndose a partir de octubre a inicios de noviembre, sobre una cama de semillas mullida y compactada. La dosis de semilla tradicional es de 100.000 semillas ha<sup>-1</sup>, a una distancia entre hilera de 70 cm y 5 cm de profundidad de siembra. El control de malezas (en pre-emergencia y/o post-emergencia) debe ser oportuno y con uso de agroquímicos aplicados en forma eficiente. El periodo óptimo de cosecha es cuando el grano se encuentra en un estado 3/4 parte duro y la planta completa presenta

entre un 33 a 35% de materia seca. Puede ser utilizado como una alternativa de forraje para elaborar ensilaje de alta calidad y alto contenido de energía (2,8-3,2 Mcal kg<sup>-1</sup>), dependiendo de las condiciones edafoclimáticas (características de suelo y clima) y manejo del cultivo. El cultivo de maíz forrajero presenta una alta producción en un corto periodo de tiempo, por ello, es altamente extractivo en nutrientes esenciales del suelo (principalmente fósforo, P y potasio, K) y, por ende, requiere la aplicación balanceada de altas dosis de fertilizantes. También se puede requerir la aplicación de magnesio. Las dosis de aplicación dependerán de la disponibilidad de los nutrientes esenciales mencionados en el suelo, la cual puede determinarse a través de un análisis químico de suelo. Un suministro deficiente de P en el suelo genera muerte de plántulas y, por ende, una baja producción de forraje, lo cual puede implicar el uso de altas dosis de fertilizantes fosforados para compensar los requerimientos de este cultivo suplementario.

## Investigación sobre la fertilización fosforada en un suelo Trumao bajo maíz forrajero

En un ensayo de campo realizado en la Región de Los Lagos, en la temporada 2018-2019, con maíz forrajero cv. Ricardinio sobre un suelo Trumao (Serie Osorno) con bajo nivel de fertilidad (Cuadro 1), se evaluó el efecto de diferentes dosis de fertilización fosforada sobre el rendimiento, absorción de fósforo y eficiencia de recuperación aparente de fósforo de maíz forrajero (Figura 1).

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar (n=4, parcelas 8,4 m<sup>2</sup>) con los tratamientos: Control (sin P) y cuatro dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (100, 200, 400 y 600 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados como superfosfato triple (SFT: 45,8% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 84% solubilidad en agua; Vistoso *et al.*, 2017).

En la cosecha de plantas enteras, se determinó la producción de materia verde, materia seca (MS, secado en horno a 60°C por 48 h) y concentración de P foliar (Sadzawka *et al.*, 2007), calculándose el rendimiento (kg MS ha<sup>-1</sup>), la absorción de fósforo (kg P ha<sup>-1</sup>) como el producto entre la producción de MS y concentración foliar de P y, se determinó la eficiencia de recuperación aparente de fósforo (ERAF, ecuación 1.) expresada en %, según la metodología descrita por Karlovsky (1981 y 1982). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y Test de Tukey (p < 0,05).

$$\text{ERAF (\%)} = [(A - B) / C] * 100 \quad \text{Ecuación [1]}$$

donde, A: absorción de P en cada tratamiento con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, B: absorción de P en el control (sin P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y C: dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada (kg ha<sup>-1</sup>) en cada tratamiento de fertilización.

### 1. En el rendimiento de maíz forrajero

En el ensayo de fertilización fosforada de maíz forrajero se observó que las dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de superfosfato triple (SFT) generaron aumentos en el rendimiento relativo (Figura 1) que fluctuaron entre 62% (11.072 kg MS ha<sup>-1</sup>) a 100% (17.924 kg MS ha<sup>-1</sup>), en relación al tratamiento con el máximo rendimiento relativo (600 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). El tratamiento control (sin P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) presentó el

**Cuadro 1.** Parámetros de fertilidad del sitio experimental, estrata 20-0 cm (n=3). Fecha: 09 de noviembre de 2018.

pH	P	S	Ca	Mg	K	Na	Al	S.Bases	Sat.	B	Fe	Mn	Cu	Zn
H <sub>2</sub> O	mg kg <sup>-1</sup>		cmol (+) kg <sup>-1</sup>						Al (%)	mg kg <sup>-1</sup>				
5,58	7	18	2,55	0,94	1,23	0,19	0,38	4,90	7,11	0,58	134	28,20	15,23	1,77

Fuente: Teuber y Bernier (2006). Nivel de fertilidad: Rojo = Bajo, Amarillo = Medio, Verde = Alto.

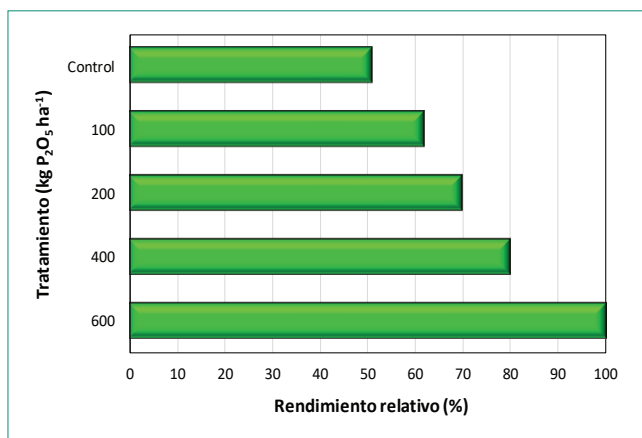


**Figura 1.** Sitio experimental del ensayo de campo de fertilización fosforada en maíz forrajero y posterior, análisis de muestras bromatológicas en INIA Remehue, Región de Los Lagos.

Fuente: Elaboración propia.

rendimiento relativo más bajo 52% (9.101 kg MS ha<sup>-1</sup>); debido al deficiente suministro de P del suelo Trumao (P Olsen inicial: 7 mg kg<sup>-1</sup>, Cuadro 1).

Estos antecedentes indican que el uso de fertilizantes fosforados solubles en la fertilización de maíz forrajero está en sincronía con los altos requerimientos de este macronutriente esencial en el cultivo de maíz forrajero.



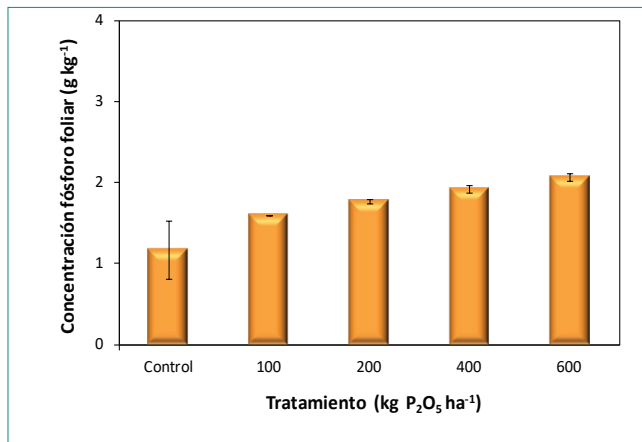
**Figura 2.** Efecto de la fertilización fosforada en el rendimiento relativo de materia seca de maíz forrajero en la localidad de Remehue, Región de Los Lagos.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que el maíz es susceptible al déficit hídrico, por lo que en regiones como La Araucanía se ha observado que los rendimientos en las siembras de secano son inferiores a las que se incorporó riego.

## 2. En la calidad mineral de maíz forrajero

La concentración foliar de P fue significativamente mayor ( $p < 0,0143$ ; Figura 3) con las dosis 400 y 600 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> con SFT en relación con el tratamiento



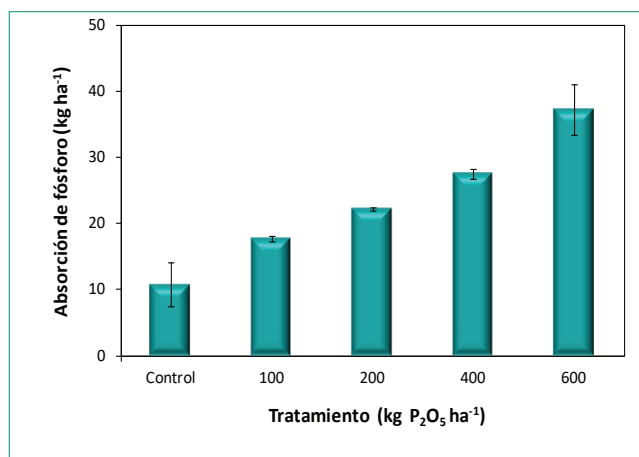
**Figura 3.** Efecto de la fertilización fosforada en la concentración de fósforo foliar de fósforo de maíz forrajero en la localidad de Remehue, Región de Los Lagos ( $\pm$  error estándar).

Fuente: Elaboración propia.

control (sin P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Los resultados de la concentración de P foliar fluctuaron entre 1,17 g kg<sup>-1</sup> a 2,08 g kg<sup>-1</sup> con la aplicación de las diferentes dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Estos resultados se encuentran dentro del rango normal a alto de P para maíz forrajero y nutrición animal (NCR, 2001).

## 3. En la absorción de fósforo de maíz forrajero

La absorción de P fluctuó entre 11 kg ha<sup>-1</sup> a 37 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación de las diferentes dosis de SFT. El tratamiento control (sin P) presentó una absorción de P de 11 kg ha<sup>-1</sup>. La aplicación de fertilizante fosforado aumentó la absorción de P por las plantas de maíz forrajero (Figura 4) y fue significativamente mayor con la dosis de 600 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> de SFT ( $p < 0,0001$ ) que el tratamiento control.

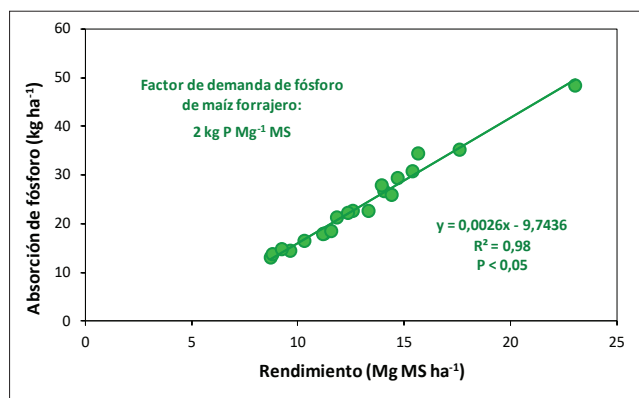


**Figura 4.** Efecto de la fertilización fosforada en la absorción de fósforo de maíz forrajero en la localidad de Remehue, Región de Los Lagos ( $\pm$  error estándar).

Fuente: Elaboración propia.

## 4. En la relación entre la absorción de fósforo y el rendimiento de maíz forrajero

En la Figura 5, se observa la relación directa entre la absorción de fósforo y el rendimiento de materia seca de maíz forrajero, donde los mayores rendimientos se relacionan con las mayores absorciones de fósforo



**Figura 5.** Relación entre la absorción de fósforo y el rendimiento de maíz forrajero.

Fuente: Elaboración propia.

con un ajuste de  $R^2 = 0,98$ . Considerando el ajuste lineal obtenido, se generó un factor de demanda de 2 kg de fósforo  $Mg^{-1}$  MS producida, necesario en el cálculo de demanda de fósforo en el cultivo de maíz forrajero en suelos Trumaos.

## 5. En la eficiencia de recuperación aparente de fósforo

Los resultados obtenidos en la ERAF (Cuadro 2), indican que la dosis de 100 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  alcanza la mayor ERAF (16%). La ERAF de los demás tratamientos con superfosfato triple presentaron el siguiente orden decreciente: 600 y 400 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  < 200 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ .

**Cuadro 2.** Efecto de la fertilización fosforada en la eficiencia de recuperación aparente de fósforo de maíz forrajero ( $\pm$  error estándar).

Tratamiento (kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ )	ERAF (%)
Control	-
100	16 $\pm$ 6,7 a
200	13 $\pm$ 4,1 ab
400	10 $\pm$ 1,7 b
600	10 $\pm$ 1,2 b

Letras diferentes indican diferencias entre dosis de fertilización, obtenidas con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

## Consideraciones finales

De acuerdo a los resultados obtenidos en la región de Los Lagos, es importante que tanto los productores y asesores de la Región de Los Ríos, consideren los siguientes factores en la aplicación de los fertilizantes fosforados:

- ✓ Concentración de fósforo disponible en el suelo (suministro de fósforo, diagnóstico del nivel de fertilidad en base al análisis de suelo).
- ✓ Requerimientos de fósforo del cultivo o pradera a fertilizar (demanda de fósforo).
- ✓ Prácticas de manejo agronómico
  - **Dosis:** la dosis del fertilizante fosforado debe considerar el suministro de nutrientes del suelo (análisis de suelo), requerimientos nutritivos del

cultivo o pradera y el rendimiento esperado, de acuerdo al potencial productivo del cultivo o pradera..

- **Tipo de fertilizante:** los fertilizantes, según su presentación y granulometría, se agrupan en sólidos (ej. en forma de polvo, cristales, gránulos y perlados) o líquidos (ej. suspensiones y soluciones). Los fertilizantes fosforados varían en solubilidad, lo que influye en su disolución y efectividad agronómica.
- **Época de aplicación:** la época de aplicación se debe adecuar al ciclo vegetativo del cultivo o pradera para suministrar adecuadamente este macronutriente a través de la fertilización, según condición edafoclimática (características de suelo y clima), tipo de fertilizante y método de aplicación.
- **Método de aplicación:** el tipo de fertilizante determinará el método de aplicación y el equipo requerido. El objetivo es localizar el fertilizante en la zona del suelo con mayor cantidad de raíces; debido a la alta capacidad de adsorción de fósforo de los suelos volcánicos y su escasa movilidad en el suelo, el fertilizante fosforado debe ser localizado. Los métodos de aplicación son: i) al suelo (bajo el surco de siembra o en cobertera sobre la superficie del suelo), ii) foliar (directo al follaje) y, iii) fertirriego (en el agua de riego).

- ✓ Condición óptima de aplicación del fertilizante fosforado dependerá de su solubilidad y de las condiciones climáticas favorables (adecuada temperatura y humedad en el suelo).
- ✓ Finalmente, es importante mencionar que otro factor relevante es la utilización de las variedades adecuadas dependiendo del grado de precocidad (ej. tardías, semi-tardías, semi-precoces y precoces), cuyo desempeño pueda hacer frente a factores climáticos extremos como las heladas, ya que pueden influir en daños en el follaje y, por ende, en los rendimientos obtenidos.

### Agradecimientos:

GTT Producción Ganadera Sustentable Los Lagos.