

**MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO:**

# **MINIMIZANDO LAS PÉRDIDAS DE FÓSFORO DESDE PRADERAS EN LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA**



PROYECTO GEF FÓSFORO SOSTENIBLE

# uPcycle



Más información  
[www.upcyclelakes.org](http://www.upcyclelakes.org)  
[www.escenarioshidricos.cl](http://www.escenarioshidricos.cl)



*El uso eficiente del fósforo permite aumentar la productividad de praderas y reducir las pérdidas al ambiente*

Fundado por:



Implementado por:



Ejecutado por:



Con la Colaboración de:



## INTRODUCCIÓN

# Manejo sustentable del fósforo (P) en sistemas agropecuarios del sur de Chile

Este trabajo se enmarca en el proyecto "**Hacia ciclos sostenibles del fósforo en cuencas lacustres (uP-Cycle)**", una iniciativa internacional que **busca apoyar la restauración de lagos y sus alrededores, a través de la reducción de emisiones de Fósforo desde el suelo al agua, impulsando una economía circular en torno a este nutriente.**

Esta guía tiene como objetivo acercar el conocimiento sobre las pérdidas de fósforo desde praderas localizadas en la cuenca del Lago Villarrica, a través de parcelas experimentales establecidas por el INIA, para estimar los aportes de nutrientes al lago, contribuyendo así a la protección de los ecosistemas acuáticos y a la prevención de procesos de eutrofización.

Además, busca contribuir a la promoción de **la adopción de Mejores Prácticas de Manejo (MPM) basadas en análisis de suelo, estrategias de fertilización fosfatada, manejo adecuado del pastoreo y manejo de zonas de amortiguación (buffers) ribereñas.** La adopción de este tipo de prácticas permite mantener la productividad de las praderas y reducir las cargas potenciales de fósforo hacia los cuerpos de agua.



## 1. El fósforo como nutriente

**El fósforo (P) es un nutriente esencial para la producción de plantas, asociado a funciones vitales tales como energía, fotosíntesis, desarrollo de raíces, floración, calidad de frutos, fijación biológica de nitrógeno, entre otros.**

Los suelos volcánicos del sur de Chile, se caracterizan por una alta capacidad de retención de P, lo que implica una menor disponibilidad de P para los distintos cultivos, lo que muchas veces se traduce en una aplicación mayor de este nutriente a los suelos. Debido a lo anterior, su acumulación en la capa superficial del suelo incrementa el riesgo de transporte hacia arroyos y ríos bajo condiciones de lluvias intensas y alta conectividad hidrológica. La evidencia técnica demuestra que pérdidas relativamente pequeñas de fósforo, cuando ocurren de manera generalizada en una cuenca, son suficientes para inducir procesos de eutrofización en ecosistemas lacustres, lo que genera impactos negativos sobre la calidad del agua, el turismo, el abastecimiento de agua potable y la biodiversidad, entre otros.

## 2. Dinámica del flujo de fósforo en el suelo

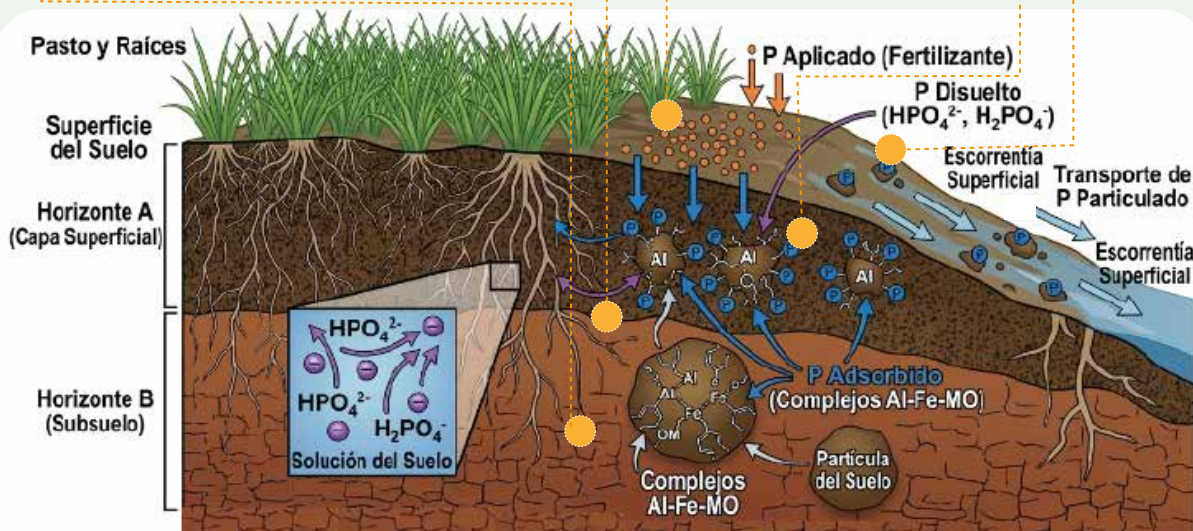
• Es común que el P forme complejos más estables con la materia orgánica del suelo, óxidos de aluminio y hierro.

• El P disuelto en la solución del suelo es absorbido por las raíces.

• El fertilizante fosforado es aplicado al suelo en cobertura o incorporado en el caso de una siembra.

Una vez disuelto el gránulo de fertilizante, una fracción del P penetra en el suelo, la mayor parte es fijado por óxidos de Al y Fe. Otra parte queda en la solución del suelo.

• El P interactúa con las partículas superficiales del suelo que bajo una lluvia intensa puede transportarse en forma particulada pendiente abajo



Fuente: Imagen creada por IA, modificada y mejorada por los autores.

### ¿CÓMO SE PIERDE EL FÓSFORO DESDE LAS PRADERAS?

Si las pérdidas ocurren, los mecanismos son principalmente:

- Escorrentía superficial durante lluvias intensas.
- Transporte de partículas finas del suelo por acción del agua.
- Movilización incidental de fertilizantes fosfatados luego de una lluvia intensa.

Es importante destacar que estas pérdidas no siempre ocurren. Dependen de las condiciones meteorológicas, del suelo y del manejo.

### FACTORES QUE AUMENTAN EL RIESGO DE PÉRDIDA DE FÓSFORO

- Altas dosis de fertilización (más de lo que la planta requiere).
- Momento de aplicación (primavera vs. invierno).
- Condiciones climáticas posteriores a la aplicación de P al suelo.
- Cobertura del suelo por la pradera.
- Estado físico del suelo, es decir, con poca estructura (suelto).
- Alta pendiente, si es mayor hay más riesgo.

### 3. El fósforo en suelos volcánicos del sur de Chile

**ANDISOLES:** suelos volcánicos fértiles, oscuros y esponjosos, formados a partir de cenizas volcánicas y materiales piroclásticos, caracterizados por su alta capacidad de retención de agua y fósforo. En Chile presentan:

**1**

Alto contenido de materia orgánica.

**2**

Alta capacidad de retención de fósforo y agua.

**3**

Fuerte interacción del P con hierro (Fe) y aluminio (Al) del suelo.

**4**

Baja movilidad del fósforo en condiciones normales\*.



\*En muchos casos, el P permanece en el suelo en horizontes superficiales, lo que implica que sus pérdidas pueden ser muy bajas, dependiendo del manejo de este y de las condiciones climáticas.

Perfil de suelo de la unidad demostrativa (andisol)



#### ACUMULACIÓN DE FÓSFORO: EL RIESGO INVISIBLE

En sistemas con fertilización sostenida en el tiempo, puede ocurrir acumulación de fósforo en el suelo. En la cuenca del Lago Villarrica:

- La fertilización suele ser moderada
- Los niveles de P en el suelo generalmente son bajos a medios

Sin embargo, la acumulación de P en los suelos y eventual pérdida por arrastre superficial no están demostradas ni cuantificadas. Por ello, se ha propuesto evaluar de manera experimental distintas dosis, fuentes y épocas de aplicación de fertilizantes y su efecto en las pérdidas de fósforo.

Los suelos volcánicos no permiten movilizar el fósforo fácilmente, pero ciertas condiciones pueden favorecer su transporte.



## 4. ¿Por qué el fósforo es un tema clave en la cuenca del Lago Villarrica?

El fósforo (P) es un nutriente esencial para la producción de forraje y el funcionamiento de los sistemas ganaderos. Al mismo tiempo, es un nutriente que, en ciertos contextos, puede contribuir a procesos de eutrofización en cuerpos de agua.

1

En el caso de la cuenca del Lago Villarrica, se estima que la superficie de uso agropecuario es de 78.601 hectáreas.\*

2

Esto equivale a emisiones de fósforo desde el suelo al agua de 33,4 Toneladas/año, siendo un potencial aporte a la contaminación del lago.\*

3

Además, la actividad ganadera es mayoritariamente de pequeña escala y la fertilización de praderas no es intensiva ni excesiva, en la mayoría de los predios.

**Para poder tomar decisiones de manejo adecuadas, es necesario medir en terreno cómo y cuánto fósforo se pierde, en este caso, desde las praderas de la cuenca. Esta información es un gran insumo para aumentar la eficiencia de la productividad y al mismo tiempo cuidar la calidad del agua del territorio.**

*\*Proyecto definitivo Plan de Descontaminación de la cuenca del lago Villarrica (MMA, 2025)*

## 5. Unidad Demostrativa

La unidad demostrativa implementada en el marco del proyecto GEF Fósforo sostenible es un espacio físico en la cuenca donde se hace investigación y a la vez, transferencia del conocimiento. En este caso se busca medir, comprender y evaluar experimentalmente el comportamiento del fósforo en praderas bajo distintas condiciones de manejo de la fertilidad, generando información base para toma de decisiones.



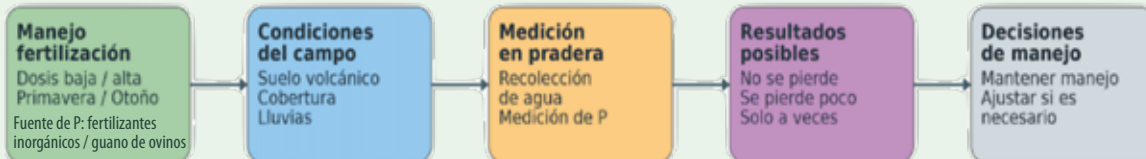
## 6. ¿Cómo se evalúan las pérdidas de fósforo en praderas?

### PREGUNTAS CLAVE QUE DEBEMOS RESPONDER:

- ¿Se pierde fósforo desde la pradera?
- ¿Las pérdidas son significativas o marginales?
- ¿Influye la dosis o la época de aplicación, o ambas?
- ¿Hay diferencias entre la fuente de P utilizado?

Los resultados de la unidad demostrativa responderán estas preguntas a través de la medición de distintos parámetros como: dosis de P, fuente (fertilizante versus guano de oveja) y épocas de aplicación y su efecto en la pérdida de P.

PASOS  
NECESARIOS  
PARA LA  
EVALUACIÓN:



### Distribución de los tratamientos de la unidad demostrativa

**Control:** Sin nada de fertilizantes

**Fertilización Alta Otoño:** Aplicación de 100 kg P205/ha en marzo + fertilización base\*

**Fertilización Alta Primavera:** Aplicación de 100 kg P205/ha en octubre + fertilización base\*

**Guano de oveja:** Aplicación equivalente a 50 unidades de P205

**Fertilización Baja Otoño:** Aplicación de 50 kg P205/ha en marzo + fertilización base\*

\*Fertilización base:  
144 kg K2O/ha + 30 U de Nitrógeno



# MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO (MPM)

Prevenir las pérdidas de nutrientes, en particular de fósforo, desde praderas a cursos de agua de la cuenca, aumentando la eficiencia de la producción y a la vez contribuyendo a la descontaminación y el cuidado de las aguas del Lago Villarrica y su entorno, es posible a través de diversas prácticas de manejo:

## MPM 1:

### Fertilizar según análisis de suelo

- Utilizar análisis de suelo como base de decisión, muestreando a 0-10 cm en praderas establecidas y 0-20 cm en suelos cultivados.
- Restringir el uso de fósforo cuando los niveles de P-Olsen son altos (20-30 mg/kg).  
Más información QR: "Guía para la Gestión de Suelos en Predios Lecheros Sustentables".
- Ajustar dosis en base a los requerimientos de pradera y cultivo, y al nivel de fertilidad del suelo.



## MPM 2:

### Buen manejo de la fertilización fosfatada

- Considerar la fuente de P y su disponibilidad en el suelo.
- Evitar fertilizar antes de lluvias intensas, sobre todo en suelos con pendiente.

## MPM 3:

### Manejo del pastoreo y la pradera

- Mantener cobertura vegetal.
- Evitar compactación excesiva.
- Favorecer una pradera activa que capture nutrientes.
- Mantener bajas cargas animales cercanas a curso de agua o en potreros con alta pendiente.

## MPM 4:

### Manejo de guanos y biosólidos en praderas

- Considerar el aporte real de fósforo del material (total y disponible).
- Aplicar solo en condiciones adecuadas y con la maquinaria recomendada por el asesor.
- En el caso de lodos:
  - Considerar el Reglamento para el manejo de los lodos generados en plantas de tratamiento de efluentes de pisciculturas (Decreto DS 30).
  - Considerar el Reglamento para el manejo de lodos generados en pantas de tratamiento de aguas servidas (DS 04).

## MPM 5:

### Protección de zonas ribereñas y enfoque de cuenca

- Mantener franjas con vegetación en la zona aledaña a ríos, lagos y cursos de agua como medida preventiva.
- No permitir el ingreso o paso de animales por cursos de agua.
- Evitar cultivar suelo en zonas cercanas a cursos de agua, en especial con pendientes hacia ellas.

Guía elaborada por: Jaime Mejías, INIA Carillanca -Temuco • Francisco Salazar, INIA Remehue - Osorno • Pablo Etcharren, Seremi de Medio Ambiente Región de La Araucanía • Valentina Cárdenas, Daniela Salas y Carla Calderón, Fundación Chile. Edición: Emma Antón • Diseño: Verónica Zurita. Abril 2026.



## Reflexiones:

*Las decisiones deben basarse en evidencia local y datos experimentales.  
Las Mejores Prácticas de Manejo son una herramienta preventiva.  
Medir hoy permite evitar problemas mañana, sin afectar la productividad.*