



Protección de Lagos y Ecosistemas Acuáticos:

CONTROLANDO LAS EMISIONES DE FÓSFORO EN LA CUENCA DEL LAGO VILLARRICA



INTRODUCCIÓN

La cuenca del Lago Villarrica la cuidamos entre todos

El proyecto internacional **GEF Fósforo sostenible: Hacia un ciclo sostenible del Fósforo en cuencas de lagos** busca apoyar la restauración de la cuenca del **Lago Villarrica**, en conjunto con el Plan de Descontaminación del Lago Villarrica, involucrando activamente a los distintos actores en su proceso: sector público productivo, academia, comunidades y ciudadanía, ya que trabajando juntos, activamente y coordinados podremos lograr el desafío de restaurar la cuenca de nuestro lago. La presente guía es parte de un programa de capacitación para el sector agrícola en el marco del proyecto para promover mejores prácticas agrícolas y pecuarias, para reducir el potencial de contaminación del fósforo y otros nutrientes, desde el suelo a los cursos de agua.



1. El fósforo como nutriente

El fósforo es un mineral esencial para los organismos vivos y participa en la fotosíntesis de las plantas. Por lo tanto, ayuda en el crecimiento de las hojas y de sus raíces, en el transporte de nutrientes, en una floración adecuada y en la resistencia a enfermedades.

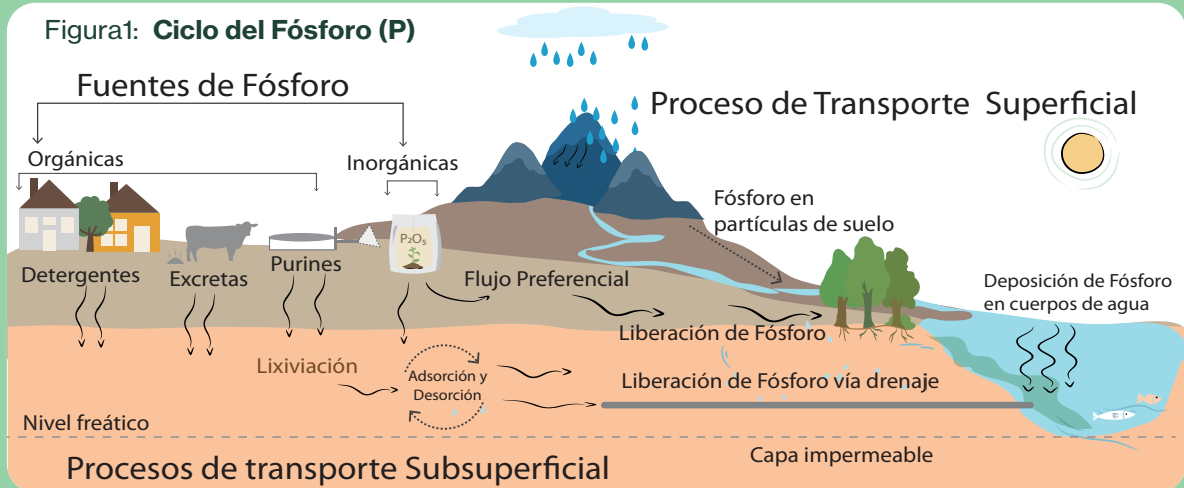
Se extrae de yacimientos minerales ricos en fosfatos llamados rocas fosfóricas (apatita) y desde depósitos de guano de aves marinas. Junto con ello, los alimentos que llegan a los predios, como los concentrados para la alimentación de animales, también contienen fósforo.

El fósforo es un recurso no renovable y su uso ineficiente representa una amenaza a la seguridad alimentaria. Sin embargo, un correcto manejo de los residuos orgánicos permite recuperar fósforo desde biosólidos de aguas residuales y del estiércol animal, por ejemplo.

Optimizando el uso de fósforo desde sistemas agropecuarios para reducir el potencial de contaminación de aguas superficiales

2. Pérdidas de Fósforo desde Sistemas Agropecuarios

Figura1: **Ciclo del Fósforo (P)**



Fuente: Elaboración propia a partir de Alfaro M., J. Martínez-Lagos, J. Mejías, y F. Salazar. 2014. Impacto ambiental de la actividad agropecuaria y el uso de fertilizantes. Cap. 34, pp. 871-897. En Echeverría H. E. y F.O. García (ed.). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA. 2a. Edición. Buenos Aires, Argentina. ISBN 9-789875-215658. 904 p

Los sistemas agropecuarios forman parte de un ecosistema que está influenciado por el ciclo del agua, y todas las acciones que se realizan durante el manejo tienen consecuencia en el medio ambiente (Figura 1). El fósforo se acumula en el suelo hasta el momento en que las partículas de suelo son incapaces de retenerlo y este comienza a perderse a través de diferentes formas hasta alcanzar cuerpos de agua superficiales, siendo sus

principales vías de pérdida en los sistemas agropecuarios:



Escorrentía
superficial y sub
superficial



Erosión
del suelo



Lixiviación
(en suelos
arenosos o con
exceso de riego)

2. Pérdidas de Fósforo desde Sistemas Agropecuarios

El tipo de suelo, pendiente, y pluviometría condicionan la forma y cantidad de pérdidas.

Junto con ello las prácticas agrícolas como labranza, fertilización, y cobertura vegetal son importantes en la magnitud de las pérdidas de este nutriente.

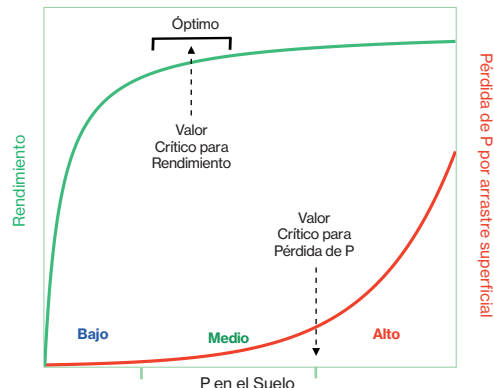
Se distinguen dos tipos de fuentes de contaminación. **Fuentes puntuales** son descargas directas localizadas, tales como ductos de emisores de industrias, plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) o residuos industriales (RILES), piscicultura, entre otros.

Fuentes no puntuales son escurrimientos difusos, de un origen difícil de determinar. Por ejemplo, es posible nombrar escurrimiento o lixiviación de suelos con aplicación de fertilizantes comerciales o lodos de otros procesos industriales.

Figura 2. Balance entre respuesta agronómica y límites ambientales del fósforo

La figura muestra que a medida que se agrega fósforo al suelo se aumenta el rendimiento o productividad de los cultivos o praderas, sin embargo, existe un nivel óptimo en que el rendimiento ya no aumenta significativamente. Sobre este rango óptimo, el fósforo comienza a no ser utilizado por las plantas y el exceso alcanza un punto crítico sobre el cual este nutriente es transportado por escorrentía superficial u otras vías hacia cuerpos de agua superficiales. Esta relación destaca la importancia de una gestión eficiente del fósforo que maximice la productividad sin comprometer los ecosistemas acuáticos.

Fuente: <https://water.unl.edu/land-application-training-online/phosphorus-dynamics/>
(Acceso julio 2025)



3. Impactos sobre el medio ambiente

El mayor impacto del exceso de fósforo se puede generar en cuerpos de agua superficiales. Es más, sólo se requieren concentraciones muy bajas de este nutriente para detonar un crecimiento excesivo de algas (bloom) y plantas acuáticas (Figura 2).

Asociado a esto se produce una reducción de oxígeno disuelto en el agua con el consiguiente daño a la flora y fauna acuática. Este fenómeno se llama eutrofización, y puede implicar que ciertas algas generen compuestos tóxicos para la salud humana.

La eutrofización provoca que el agua cambie su coloración, se genere mal olor y que finalmente no pueda utilizarse para consumo humano y ni agrícola.

Además, hay que considerar que los suelos volcánicos del sur de Chile, dadas sus características físico-químicas, tienen la capacidad de retener gran parte del fósforo que se aplica. Si bien desde un punto de vista ambiental eso es positivo, esto sí implica utilizar dosis más altas de fósforo para lograr una respuesta productiva positiva de praderas y cultivos.



4. Importancia de las buenas prácticas agropecuarias en el manejo del fósforo (P)

Hay una serie de Buenas Prácticas que se pueden realizar para reducir el riesgo de contaminación de aguas superficiales por exceso de fósforo.

1

Es de gran importancia respetar la normativa vigente en el país (Ej: DS 90/2000, NCh. 1333) y no descargar residuos a aguas superficiales por sobre la norma y si se hace, se debe procurar respetar los parámetros señalados en ella.

2

Junto con ello **no permitir el acceso de animales a ríos o esteros**, evitando que beban agua directamente de los cursos de agua.

3

En cuanto a prácticas agrícolas, en especial de zonas ribereñas con pendiente, **la fertilización debe manejarse en forma óptima**, utilizando dosis de acuerdo a los análisis químicos de suelo, realizar la aplicación en épocas recomendadas y considerar las características de las distintas fuentes utilizadas, en especial de fósforo y nitrógeno.

4

El suelo debe tener siempre una cobertura vegetal durante el invierno, evitándose romper el suelo en épocas de lluvias intensas. Esto evita el escurrimiento de partículas de suelo y nutrientes hacia cursos de agua.

El componente agropecuario tiene como objetivo identificar potenciales fuentes de emisión de fósforo desde áreas utilizadas para agricultura y ganadería.

Mediante distintas estrategias de investigación se estima la potencialidad de un suelo agrícola para perder fósforo.



EL CASO DEL LAGO VILLARRICA:

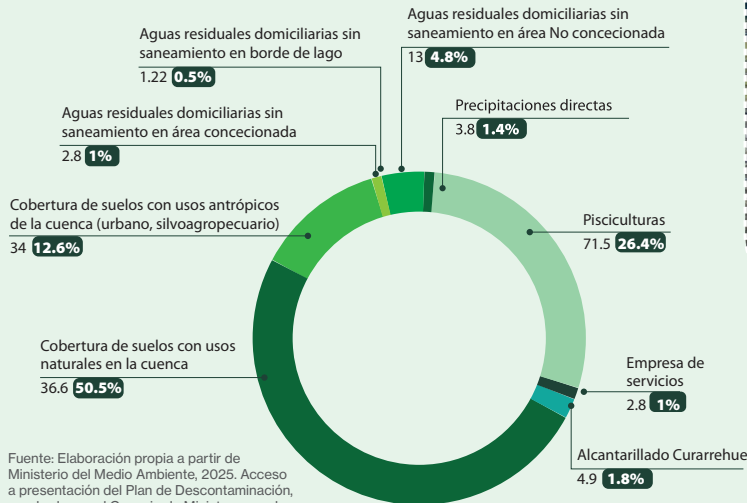
Aporte de nutrientes y desarrollo de un Plan de Descontaminación para proteger sus aguas

El **Plan de Descontaminación de la cuenca del Lago Villarrica (PDAV)**, es el primero en Chile para descontaminar un ecosistema acuático. Su objetivo, es restaurar la calidad del agua mediante la aplicación de medidas concretas, con el fin de recuperar los estándares establecidos en las normas de calidad ambiental.

En la Figura 3, se muestra la distribución del aporte de las fuentes de emisiones de fósforo en la cuenca del Lago Villarrica al año 2021, evidenciando el aporte por actividades urbanas y silvoagropecuarias, así como las descargas de pisciculturas y aguas residuales sin tratamiento. Uno de los impactos más relevantes por el exceso de nutrientes sobre el lago, es la proliferación de microalgas (bloom) en el período estival.

Figura 3. Aporte de las fuentes de emisiones de fósforo en la cuenca del Lago Villarrica al año 2021

Estimaciones realizadas por el MMA en el marco del PDAV. (toneladas/año y %)



Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio del Medio Ambiente, 2025. Acceso a presentación del Plan de Descontaminación, aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático.



¿Qué medidas contempla el Plan de Descontaminación del Lago Villarrica para el sector silvoagropecuario?



Programa de restauración/ reforestación con vegetación nativa en la cuenca del lago Villarrica, con un total de 2000 hectáreas.

Instituciones: CONAF, INDAP, Seremi de Agricultura, Seremi del Medio Ambiente.



Inscripción en el SIRDS-S para predios agrícolas y/o ganaderos con superficies prediales >200 hectáreas que apliquen fertilización de suelos.

Instituciones: SAG, INDAP



Coordinación de una mesa de fiscalización Forestal.

Instituciones: CONAF, Municipalidades, Carabineros, Capitanía de Puerto LV.



Dictación de un instructivo de “Buenas prácticas silvoagropecuarias” que apunten a la disminución del impacto de esta actividad sobre los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad.

Instituciones: Seremi de Agricultura, Seremi del Medio Ambiente



Implementación y actualización de plataforma del registro actualizado de los predios del Programa Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD-S).

Instituciones: INDAP, SAG



Desarrollo de jornadas de campo educativas en torno a acciones demostrativas para el manejo sostenible de nutrientes en predios agrícolas localizados en la zona saturada.

Instituciones: INDAP, Seremi del Medio Ambiente



PROYECTO GEF FÓSFORO SOSTENIBLE

 **uPcycle**

CUIDAR LA CUENCA DEL LAGO
VILLARRICA ES RESPONSABILIDAD DE
TODAS Y TODOS

Más información
www.upcyclelakes.org
www.escenarioshidricos.cl



Fundado por:



Implementado por:



Ejecutado por:



Con la Colaboración de:

