

NOMBRE DEL PROYECTO

Determinación de presencia de Nitrógeno en las aguas subterráneas, provenientes de diferentes fuentes, en cuencas pilotos seleccionadas.

ZONA GEOGRÁFICA DE EJECUCIÓN

Zonas geográficas donde se concentra la producción de cerdos.
La zona específica se determinará dentro del proyecto, pero estará en la zona central del país.

INSTITUCIONES RESPONSABLES DE LA EJECUCIÓN

AGENTE POSTULANTE. RESPONSABLE DEL PROYECTO:

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL: Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile - ASPROCER

RESUMEN DE COSTOS Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO (\$).

COSTO TOTAL	\$376.489.568.-	100%
APORTE FONDO	\$218.536.721.-	58%
APORTE POSTULANTE	\$157.952.847.-	42%

FECHA DE INICIO Y DURACIÓN DEL PROYECTO (EN MESES).

FECHA DE INICIO	Enero de 2008
FECHA DE TÉRMINO	Diciembre de 2011
DURACIÓN DEL PROYECTO (MESES)	48 meses (cuarenta y ocho)

PROPÓSITO, OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS.

El Objetivo General del proyecto es determinar el nivel de presencia de compuestos nitrogenados de origen agrícola, y sus fuentes, en aguas subterráneas. La necesidad del proyecto surge de los análisis realizados en el APL II de Cerdos, que busca aumentar el nivel de información existente para una mejor toma de decisiones.

Para el logro del objetivo general, el proyecto ha sido subdividido en fases especializadas, las cuales serán aplicadas a sectores seleccionados (pilotos). Los propósitos de cada una de las fases son los siguientes:

FASE I: Seleccionar sectores hidrogeológicos donde realizar el proyecto. Se realizará una caracterización general de los posibles sectores a analizar, identificando las potenciales fuentes aportantes de N al suelo, las características físicas hidrogeológicas y la información disponible. A partir de éstos se seleccionarán “sectores pilotos”. Estos deben cumplir con al menos las siguientes condiciones:

- ◆ Presenten diferentes características litológicas en la zona no-saturada (sectores con diferente importancia relativa de la presencia de suelos finos en el perfil de suelo),
- ◆ Presenten altas concentraciones de Planteles de cerdos,
- ◆ Presenten similares tecnologías de aplicación de purines,
- ◆ Sea identificable la presencia de Nitrato en las aguas subterráneas,
- ◆ Sean identificables las potenciales fuentes de nitratos,
- ◆ Existan antecedentes hidrogeológicos previos.

FASE II: Evaluar la condición actual de las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas, en los sectores hidrogeológicos seleccionados (sectores pilotos). Comprende: muestreo de aguas subterráneas en pozos someros y profundos, para análisis químico.

FASE III: Caracterización detallada de las Potenciales Fuentes Superficiales de nitratos al Agua Subterránea en los sectores pilotos. En lo fundamental, comprende:

- a) Identificar potenciales fuentes de aporte de N al suelo en los sectores pilotos,
- b) Evaluar la carga de N que disponen en el suelo
- c) Efectuar balances de nitrógeno por sectores, de las diferentes aplicaciones en la superficie del terreno.

FASE IV: Utilización de Trazadores Químicos e Isotópicos en la Identificación de Fuentes de Nitratos al Agua Subterránea. Comprende:

- a) Identificar elementos trazas y el contenido isotópico (^{15}N , ^{18}O) de las potenciales fuentes de aportes por nitratos de las aguas subterráneas, tales como: purines, fertilizantes utilizados en agricultura, residuos domésticos, de animales, otras.
- b) Caracterizar las aguas subterráneas en el entorno de los Planteles de cerdos, en relación a la concentración de nitratos y a la presencia y

magnitud de los trazadores químicos e isotópicos previamente identificados (en los sectores pilotos)

FASE V: Integración de la información y conclusiones del proyecto, en un informe final.

RESULTADOS ESPERADOS AL FINALIZAR EL PROYECTO.

El producto final del proyecto es una caracterización y análisis del proceso del nitrógeno en el suelo y la situación actual de las aguas subterráneas en sectores pilotos, en relación a sus concentraciones de nitratos, las actividades antrópicas en la superficie del terreno y las características hidrogeológicas de los sectores estudiados. En base a los resultados de esta evaluación se formularán recomendaciones para mejorar el manejo de los purines, específicamente los planes de aplicación de purines, alcanzando con ello una mayor eficacia y una producción porcina sustentable.

Se espera que el proyecto aporte información relevante, cuantitativa y confiable, para evaluar el posible efecto de la industria porcina en los procesos del nitrógeno en el suelo y en la condición de las aguas subterráneas, incluyendo todas las variables relevantes.

En particular, los resultados esperados del proyecto aportarán en las siguientes materias principales:

- Mejorar la eficacia de los planes de aplicación de purines
- Identificar el impacto relativo de los purines en el proceso del N en el suelo post zona radicular. Esto comprende:
 - a) Caracterización de la actual condición de las aguas subterráneas en las zonas evaluadas, en relación al contenido de nitratos, en diferentes sectores hidrogeológicos (cuencas pilotos, seleccionadas), asociándola a las diferentes actividades existentes en la superficie del terreno, a las características litológicas del perfil de suelo en la zona no-saturada (tales como la presencia de finos -arcillas, limos-) y a las características hidrogeológicas del sistema acuífero.
 - b) Identificación de algún(os) elemento(s) *traza* (trazadores) permitirá(n) identificar y caracterizar a las potenciales fuentes (existentes en las cuencas pilotos a ser estudiadas) que podrían aportar Nitrato a las aguas subterráneas. Especial énfasis se asignará a identificar trazadores químicos e isotópicos naturales de los purines, fertilizantes inorgánicos y aguas servidas.
- Mayor certeza en las inversiones del sector en cuanto medidas ambientales y a crecimientos productivos

- ◆ Capacitación: En forma complementaria a lo anterior, se incluye capacitación técnica para analizar el problema de nitratos en las aguas subterráneas, incluyendo en el análisis su entorno hidrogeológico. Se considera realizar talleres técnicos en 3 diferentes fechas: al inicio del proyecto (en el cual se entregarán conceptos hidrogeológicos y geoquímicos del Nitrato), en una fecha intermedia del proyecto (en el cual se discutirán las posibles hipótesis que surjan después de realizar las primeras mediciones de terreno, con el sustento geoquímico e hidrogeológico adecuado), y al término del proyecto, donde se discutirán los principales resultados alcanzados.
- ◆ También se incluye una especialización más avanzada de un profesional participante en el proyecto, la cual será realizada en materias de geoquímica e hidrología isotópica (trazadores naturales). Esta especialización será realizada en la Universidad de Waterloo, Toronto, Canadá. La Tesis de dicho profesional será realizada dentro del proyecto.

BENEFICIOS DEL PROYECTO.

- ◆ Facilitar el seguimiento de los avances en las materias del Segundo Acuerdo de Producción Limpia de Cerdos.
- ◆ Mejorar la eficacia de los planes de aplicación de purines, alcanzando con ellos una producción más amigable con el medio ambiente
- ◆ La Autoridad contará con información cuantitativa y confiable para definir sus exigencias en cuanto al manejo de fuentes aportantes de N
- ◆ Aumentar la certidumbre respecto a las exigencias de la Autoridad
- ◆ Mayor seguridad en las inversiones del sector en cuanto a no sobre invertir en medidas ambientales
- ◆ Mayor seguridad en las inversiones del sector en cuanto a nuevos planteles
- ◆ Evaluación de las concentraciones de nitratos en el agua subterránea de sectores hidrogeológicos seleccionados, la cual se constituirá en una referencia para evaluar en el futuro el efecto de las actividades antrópicas que se realizan en la superficie del terreno.
- ◆ Implementación de una red de pozos de monitoreo en los sectores pilotos, la cual permitirá obtener información cualitativa, cuantitativa y actualizada de las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas.
- ◆ Identificación de “elementos trazas” y “trazadores isotópicos” que permitirán identificar la presencia e influencia de los purines en los contenidos de nitratos de las aguas subterráneas.

- ◆ Formulación y prueba de una metodología para identificar los aportes de nitratos de los purines al agua subterránea y evaluar su efecto en la condición de las subterráneas
- ◆ Identificación y evaluación del efecto de otras fuentes potenciales de nitratos a las aguas subterráneas
- ◆ Capacitación técnica en la evaluación de los problemas de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas.

BENEFICIARIOS(AS) DIRECTOS(AS) DEL PROYECTO

Los principales beneficiarios por la ejecución de este proyecto, son:

- ◆ La sociedad chilena, la cual tendrá una mayor certidumbre de contar con una producción porcina sustentable. La producción porcina podrá seguir creciendo, invirtiendo, generando empleos, aportando divisas al país y entregando al consumidor una carne de cerdo a precio competitivo.
- ◆ El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el cual contará con información relevante, cuantitativa y confiable para su toma de decisiones. Específicamente, en lo que se refiere a exigencias en el manejo de purines.
- ◆ Los productores asociados a la Asociación Gremial de Productores de Cerdos de Chile "ASPROCER", ya que con este estudio se logrará evaluar en forma objetiva si la aplicación de purines en actividades agrícolas tienen algún efecto no deseado en las condiciones de suelos y aguas subterráneas. Esta identificación permitirá implementar medidas para una adecuada gestión ambiental basadas en las buenas prácticas agrícolas, y que se enmarcan dentro de los objetivos del Acuerdo de Producción Limpia (APL).

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA.

Una de las características de los purines de cerdos es el contenido de nitrógeno en forma de nitrógeno Orgánico y Amonia (NH_4^+). Ese nitrógeno eventualmente puede llegar al agua subterránea como Nitrato, causando un problema potencial en el uso del recurso para agua potable. En general, a nivel mundial los niveles permitidos de nitratos para agua potable están alrededor de 10 mg/L como N. La industria del cerdo generalmente está localizada en zonas agrícolas donde pueden existir otras fuentes de nitratos como fertilizantes industriales, aguas servidas domésticas utilizadas en regadío y focos puntuales asociados a pozos sépticos y pozos negros.

Considerando lo anterior, la metodología propuesta consiste en evaluar la presencia de nitrógeno en las aguas subterráneas, provenientes de diferentes fuentes, en cuencas piloto seleccionadas (enfoque correspondiente a estudio *caso específico*). Los principales conceptos involucrados en la metodología propuesta, se discuten a continuación. Los antecedentes de los conceptos restantes pueden observarse en el punto 2.1 “Jerarquía de Objetivos”, en particular en “Actividades”.

SELECCIÓN DE LOS “SECTORES PILOTOS” DONDE SE REALIZARÁ EL ESTUDIO.

La elección de los sectores dependerá de la concurrencia de una serie de factores, entre los más relevantes: concentración de productores de cerdos, tipo y uso del suelo, disponibilidad de información geológica e hidrológica, existencia de fuentes potenciales de nitratos, existencia de pozos y norias donde puedan efectuarse mediciones. La metodología para seleccionar el sector (o sectores) a ser estudiado corresponde a la superposición de mapas temáticos con todos los factores identificados como relevantes, surgiendo los “sectores” donde concurren todos los “requisitos” para el estudio.

Para una primera aproximación a la selección de los sectores a ser estudiados, se analizará la ubicación y concentración de los Planteles productores. A esa información se le superpondrá la información existente de tipos de suelo superficial, profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea, tipo de acuífero (libre, confinado), fuentes potenciales de aporte de N al suelo y otras. Además, también se superpondrá la información de mediciones químicas (principalmente niveles de Nitrato en las aguas subterráneas) a ser realizadas según se indica a continuación.

Como parte de esta actividad, se efectuará una evaluación del nivel de Nitratos en sectores que representen las principales áreas donde se desarrolla la industria del cerdo. Esta actividad consistirá en coleccionar aguas subterráneas de pozos someros y profundos para análisis químicos que incluirá las distintas especies del nitrógeno, Carbón Orgánico Disuelto, cationes y aniones principales y elementos trazas como Boro. Las mediciones *in situ* incluirán Temperatura, Conductividad, pH y Oxígeno Disuelto. En esta evaluación preliminar del nivel de nitratos en aguas subterráneas, también se tomara en cuenta el uso y tipo de suelos, nivel del agua en la zona no saturada, tipo de sedimentos que forman el acuífero y el sistema de flujo del agua subterránea.

Una vez que se ha hecho el diagnóstico del nivel de nitratos en las aguas subterráneas, se efectuará una selección de áreas de estudios, incluyendo áreas con uso intensivo de purines y áreas en que no se aplican purines.

La selección de los sectores donde finalmente se desarrollará el estudio de detalle, será evaluado y sancionado por un Directorio del Proyecto, el cual estará integrado por Asprocer, SAG y el Consultor que ejecuta el estudio

TRAZADORES QUÍMICOS E ISOTÓPICOS.

En los sectores seleccionados, donde se encuentra la industria del cerdo y donde se utilizan los purines como fertilizantes, se evaluarán trazadores químicos e isotópicos que puedan ser usados para evaluar el aporte de Nitratos proveniente de los purines, en relación a otras fuentes de Nitratos.

Uno de los trazadores isotópicos que se han usado en aguas subterráneas para evaluar fuentes de nitratos son los isótopos estables del nitrógeno (Nitrógeno-14 y Nitrógeno-15) y del Oxígeno (Oxígeno-16, Oxígeno-18). Estos isótopos son parte de la molécula del Nitrato y son usados para diferenciar nitratos provenientes de fertilizantes industriales, de nitratos provenientes de desechos domésticos (aguas servidas) y de animales (purines). En general, por un proceso de volatilización que afecta al Amoníaco (NH_3) durante el almacenamiento de purines en lagunas o en superficies como sólidos, el NH_4^+ que eventualmente se convierte en Nitrato tiene una composición isotópica que es diferente (mucho más enriquecido isotópicamente en N-15) que los nitratos provenientes de fertilizantes y de aguas servidas (riego, pozos sépticos, pozos negros). La otra característica en el caso de Chile, es que los fertilizantes provenientes del salitre chileno tienen un contenido de Oxígeno-18 muy diferente que un Nitrato proveniente de aguas servidas y purines. El otro aporte de los trazadores isotópicos es en la evaluación del comportamiento del Nitrato en aguas subterráneas.

Uno de los trazadores más recientes que se están aplicando en zonas contaminadas por nitratos son los isótopos estables del Boro (Boro-10, Boro-11). Estos trazadores son bastante sensitivos para diferenciar boro proveniente de aguas servidas, de boro proveniente de purines.

Un aspecto son las fuentes de Nitratos y otro es el comportamiento del Nitrato en el acuífero. En muchos acuíferos la parte somera está contaminada por altas concentraciones de nitratos pero en la parte profunda la concentración de Nitratos es baja o puede desaparecer. Los trazadores isotópicos permiten evaluar si la concentración de Nitratos en el agua subterránea es controlada por desnitrificación (conversión del Nitrato a nitrógeno gas) o puede ser debido por ejemplo a dilución (mezcla de aguas con distintas concentraciones de nitratos) o la existencia de un sistema diferente de flujo asociados a áreas de recarga con baja carga de Nitratos.

Como complemento a los trazadores isotópicos, también se ha observado que la composición química de los purines puede ser diferente a la composición química de desechos humanos (aguas servidas, pozos sépticos, pozos negros) y fertilizantes. Los purines tienden a presentar una concentración mucho más elevada de potasio y de carbón orgánico en comparación a las otras fuentes de nitratos. Luego, en el estudio propuesto para evaluar trazadores que permitan evaluar el impacto de purines en aguas subterráneas, se ha considerado tanto trazadores isotópicos como trazadores químicos.

Las principales actividades asociadas, son:

a) Identificación de trazadores isotópicos y químicos

En el primer y segundo año del estudio, se coleccionarán muestras de purines y fertilizantes más utilizados en áreas agrícolas para su evaluación isotópica y química. Los análisis isotópicos consistirán en análisis de N-15 en amonio (NH_4^+), que es la principal especie del nitrógeno en purines y en fertilizantes amoniacales. En el caso de fertilizantes, como por ejemplo nitrato de potasio, se analizarán N-15 y O-18 en el Nitrato. En la parte química, cationes y aniones principales y elementos trazas se analizarán en alícuotas de las mismas muestras que se usarán para los análisis isotópicos. En el caso de los purines es recomendable coleccionar por lo menos una muestra al mes para evaluar el efecto de la volatilización en la composición isotópica del amonio. Análisis isotópico del Boro se realizarán en unas pocas muestras seleccionadas de purines y fertilizantes para evaluar su potencial como trazador.

b) Evaluación de fuentes de nitratos

Los trazadores isotópicos y químicos que se han seleccionado en la actividad anterior, serán medidos en las aguas subterráneas de los sectores pilotos seleccionados, con la finalidad de identificar el grado de impacto asociado a purines en el agua subterránea. El muestreo consistirá en coleccionar aguas subterráneas de pozos someros y profundos para análisis isotópicos (N-15, O-18) y químicos, que incluirá las distintas especies del nitrógeno, Carbón Orgánico Disuelto, cationes y aniones principales y elementos trazas como Boro. Dependiendo de la disponibilidad de pozos existentes y sus sectores habilitados en profundidad, es posible que sea necesario instrumentar a un nivel mucho más detallado algunos sitios de estudios para evaluar el comportamiento del Nitrato en profundidad.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE NITRATOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS SECTORES PILOTOS.

En esta actividad se evaluará el comportamiento del Nitrato en el acuífero. En lo fundamental, contempla:

a) Identificación y caracterización de las concentraciones de Nitratos en las aguas subterráneas. Se efectuará en base a muestreo de aguas subterráneas en pozos someros y profundos, análisis en laboratorio de dichas muestras de agua e integración y análisis de la información.

b) Estudio hidrogeológico. El evaluarán las entradas y salidas de agua del sistema acuífero del sector estudiado, dinámica de las aguas subterráneas en el sector (dirección y velocidad de los flujos), parámetros hidráulicos del sistema, características litológicas de la zona no-saturada. El objetivo es evaluar las variables físicas que transportan a los Nitratos en las aguas subterráneas.

c) Identificación y caracterización de las potenciales fuentes. La identificación será efectuada en base a imágenes satelitales y a visitas a terreno. La

caracterización será efectuada en base a muestreo de aguas y su posterior análisis en laboratorio. Con esos datos se efectuarán balances de nitrógenos por sectores de las diferentes aplicaciones que se identifiquen.

CAPACITACIÓN

Se contempla la realización de 3 talleres de difusión, los cuales serán realizados por los profesionales especialistas participantes en la ejecución del estudio:

1. Taller introductoria al inicio del proyecto
2. Taller para presentar los resultados preliminares durante el tercer año
3. Taller para presentar y discutir los resultados finales durante el cuarto año

