

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- La producción promedio de residuos líquidos se estimó en 3,6 m<sup>3</sup>/animal/año, mientras que los sólidos o materia seca, alcanzaron a 71,7 kg/animal/año, en planteles de ciclo cerrado.
- Los purines, representan una producción promedio de nitrógeno de 4,77 kg/cerdo/año, con una concentración en la fase líquida de 983,8 mgN/l, y de 14,6 gN/Kg base seca, en la fase sólida.
- La caracterización de los purines provenientes de planteles de cerdo en Chile, en términos generales, concuerda con lo reportado en la literatura internacional. Sin embargo algunos planteles exceden los valores indicados, debido a un uso excesivo de agua de lavado. En otros casos, se encontró planteles con concentraciones más altas de nitrógeno en los purines, debido probablemente al tipo de dieta empleada.
- Dado el punto de vista agronómico, la productividad de las especies vegetales estudiadas en el presente proyecto, no se incrementó con la aplicación de tasas de nitrógeno total superiores a 900 kg/ha/año, debido a que las plantas demandan este nutriente hasta un límite dado por la fisiología de cada especie. Este estudio utilizó tasas desde los 700 kgN/ha/año y superiores, por lo tanto no se identificó adecuadamente el quiebre de la curva de demanda. Esta demanda, en general no es superior a los 500 - 650 kg/ha, considerando una rotación de 2 cultivos (maíz –avena). El empleo de tasas altas de aplicación, deja nitrógeno disponible para otros procesos, tales como volatilización, lixiviación, inmovilización y mineralización, que son parte del balance ambiental de este nutriente. Desde el punto de vista de la utilización de plantas como extractoras de

nitrógeno, debe conocerse el potencial de extracción particular de este nutriente, que es generalmente inferior al límite desde el cual no existen efectos en el rendimiento.

- Se encontraron diferencias en la capacidad de extracción de nitrógeno de los cultivares de maíz utilizados. Así el híbrido Pegaso extrajo un 19,2% más de nitrógeno por kg de materia seca que el híbrido Pioneer 3335. Esta circunstancia podría ser considerada como ventaja para el mejor aprovechamiento de los purines.
- En el sistema maíz-avena analizado, se alcanzó una extracción promedio anual de nitrógeno, que fluctuó entre 478 Kg/ha en Pichidegua y 608 Kg/ha en Lonquén, con un promedio de 543 kg/ha, mientras que la pradera permanente de ballica alcanzó una extracción promedio anual de nitrógeno de 453 Kg/ha, con un rango entre 354 Kg/ha en Pichidegua y 552 Kg/ha en Lonquén.
- No se evidenciaron diferencias estadísticas entre las fuentes nitrogenadas, al comparar su efecto sobre la extracción de nitrógeno y la concentración de este elemento en los tejidos vegetales. Sin embargo, se evidenciaron efectos sobre la productividad de ballica, donde los tratamientos que consideraban la adición de purines, en promedio, alcanzaron un rendimiento de materia seca superior en un 15,5% a los tratamientos con fertilizante mineral, a diferencia de maíz y avena, donde la fuente nitrogenada no generó diferencias en la productividad de estas especies.
- La lixiviación del nitrógeno, en suelos desprovistos de vegetación, se relacionó directamente con los niveles de nitrógeno aplicado hasta una cierta tasa, a partir de la cual el nitrógeno, al parecer se acumula temporalmente en el suelo hasta que las condiciones sean propicias nuevamente para su transporte, es decir, agua de drenaje, o sujeto a otros procesos que pueden conducir a su transformación parcial.
- La lixiviación de nitrógeno se relacionó también con la fuente nitrogenada; así, bajo condiciones de suelo cultivado, el nitrógeno aplicado proveniente de fertilizante mineral,

se lixivió en un 33,1% en promedio, mientras, que el nitrógeno aplicado proveniente de purines de cerdo se lixivió sólo en un 11,2%.

- Otro factor que influyó directamente sobre la lixiviación de nitrógeno, fue el volumen de agua de drenaje. En condiciones de riego y suelo con cobertura vegetal, en la zona central de Chile, el agua percolada fue mínima (entre 8,4 y 18,1% del agua aplicada), mientras que en invierno, bajo cualquier condición de cobertura de suelo, el drenaje medido alcanzó niveles superiores al 50% del agua precipitada.
- El proyecto permitió validar, bajo las condiciones nacionales, el modelo Cropsyst de simulación de sistemas agrícolas; dicho modelo estimó los efectos de la aplicación de diferentes fuentes de nitrógeno bajo distintas modalidades, tasas de aplicación a largo plazo y múltiples variables de manejo.
- El modelo Cropsyst, estimó adecuadamente, la dinámica del nitrógeno en los sistemas evaluados. Los resultados de las simulaciones fueron consistentes, en general, con los resultados obtenidos en la fase 3 del proyecto. De esta manera, se puede concluir que el rango de tasas de aplicación entre 700 y 900 kgN/ha/año, combina adecuadamente lixiviación controlada, extracción por parte de un sistema de cultivos variable y volatilización dentro de rangos aceptables para las condiciones de las zonas centro y centro sur de Chile, fluctúa.
- Para poder acercarse a un rango ambientalmente sustentable, se requiere analizar la relación temporal entre drenaje de agua y lixiviación de nitrógeno. No obstante, este criterio por sí sólo, no es suficiente para establecer exhaustivamente la sustentabilidad de una aplicación, en lo que intervienen aspectos como: la recarga de los acuíferos, la dinámica del agua subterránea y la contribución de una fuente respecto de otra, en la misma cuenca hidrográfica.

- Este estudio no consideró la evaluación del uso de purines como enmienda orgánica, por ello se aconseja desarrollar a futuro estudios conducentes a determinar su valor para estos fines.
- El proyecto generó información que permite estimar los efectos de las aplicaciones de purines en la lixiviación potencial de nitrógeno. Sin embargo, para evaluar la sustentabilidad de un sistema de aplicación de efluentes provenientes de plantales de cerdo, es necesario realizar investigaciones complementarias, que involucren la interfase agua del suelo y agua del subsuelo con diversas fuentes de nitrógeno. Esto último es particularmente importante, dado que las fuentes de nitrógeno de origen agrícola son variadas y no suficientemente cuantificadas.
- Dado que el proyecto no evaluó la magnitud de la volatilización, y que estimó un valor referencial de volatilización del 15% del nitrógeno aplicado al suelo, se considera necesario profundizar estudios conducentes a cuantificarla con el propósito de ajustar adecuadamente los balances de masa. Estos estudios serán claves en la determinación futura de dosis de aplicación.
- Para determinar el nivel de vulnerabilidad del área bajo aplicaciones de purines, se evaluaron 3 metodologías (GODS, AVI y BGR-DGA) bajo condiciones reales, con la finalidad de asociar un plan de monitoreo a la vulnerabilidad ambiental definida. De acuerdo a los resultados obtenidos, no se recomienda el uso del método GODS, para el análisis de vulnerabilidad a escala predial. Por su parte, el método AVI presenta la ventaja de eliminar la subjetividad y diferencia mejor los resultados entre las distintas calicatas efectuadas, mientras que el método BGR-DGA también elimina la subjetividad e incorpora elementos como la recarga y la existencia de confinamiento. Sin embargo, este último método resultó demasiado conservador y generó resultados similares en las calicatas. Lo anterior se debe a que castiga fuertemente la presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie.

- El proyecto desarrolló una propuesta de protocolo para el plan de monitoreo que incorpora los procedimientos, técnicas y normas referidas al muestreo, así como los análisis e intensidad del monitoreo, todos ellos asociados a los niveles de vulnerabilidad del sitio de emplazamiento de los planteles. Por lo tanto, se postula que, para definir un monitoreo adecuado, se debe evaluar la vulnerabilidad del sitio. Durante la ejecución del proyecto, se implementaron 2 sitios de monitoreo, donde, después de un año de mediciones, los valores de concentración de nitratos no superaron los 50 mg/lit.