



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS

PROYECTO

**“GENERACION DE INFORMACION LOCAL EN APLICACION DE PURINES DE
CERDO AL SUELO COMO APOYO A LA IMPLEMENTACION DE LOS ACUERDOS
DE PRODUCCION LIMPIA”**

INFORME FINAL

MARZO DE 2005

INFORME FINAL

FICHA BASICA

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO : **Fondo de Mejoramiento del Patrimonio Sanitario**

NOMBRE DEL ADJUDICADO : **Instituto de Investigaciones Agropecuarias**

NOMBRE DEL PROYECTO : **Generación de Información Local en Aplicación de Purines de Cerdos al Suelo, como Apoyo a la Implementación de los Acuerdos de Producción Limpia.**

CODIGO SAG : **57-14-100** (CÓDIGO INIA: 500095-23)

Nº DE INFORME : **4**

TIPO DE INFORME : **FINAL**

FECHA DE PRESENTACIÓN : **31 de marzo de 2005**

NOMBRE COORDINADOR DEL PROYECTO: **José María Peralta Alba, Ing. Agr. Ph. D.**

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe final del proyecto “Generación de información local en aplicación de purines de cerdo al suelo, como apoyo a la implementación de los acuerdos de producción limpia”, que fue suscrito entre el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), con el apoyo de la Asociación de Productores de Cerdos (ASPROCER A.G.) en carácter de asociado, con fecha de inicio el 1 de Enero del año 2001, por un período de 36 meses. La fecha de término del proyecto fue extendida en once (11) meses, por razones técnicas, por lo cual finalizó en diciembre de 2004.

En este informe se recopilan y presentan resultados correspondientes a los cuatro años de ejecución. Se analizan y discuten resultados de todas las fases del proyecto, presentándolos asociados e integrados. Se hace una comparación entre el documento de oferta del proyecto y los resultados obtenidos, etapa a etapa.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

- Generación de la información básica necesaria para aplicar los efluentes provenientes de plantales porcinos al suelo, con relación a definir las tasas de aplicación de efluentes, las áreas de riesgo ambiental, y la metodología de disposición más adecuadas que minimice el impacto sobre los recursos agua y suelos, desde la V a la IX Región de Chile.

2.2. Objetivos específicos

- Definir, por área agroecológica (combinación suelo-clima) la dosis máxima sustentable de aplicación de N y la tasa hidráulica de aplicación de efluentes (provenientes de plantales porcinos) al suelo.
- Establecimiento de los criterios de diseño generales, ambientalmente sustentables, para la aplicación de los efluentes provenientes de plantales porcinos, al suelo, para desarrollar un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas.
- Establecer el destino del nitrógeno en el suelo, en el largo plazo, para diferentes escenarios hidrológicos, de tasas de aplicación, de tipos de suelo y cultivos.
- Formular y aplicar en forma piloto, un plan de monitoreo del impacto de la aplicación de efluentes al suelo sobre los recursos hídricos.

2.3. Relación entre objetivos, resultados y grado de cumplimiento.

A continuación se muestra en la tabla 1 la relación entre objetivos específicos, resultados esperados, resultados obtenidos y grado de cumplimiento de los resultados esperados.

Tabla 1. Resumen de objetivos específicos, resultados esperados y resultados obtenidos por el proyecto FONSAG 57-14-100.

Objetivo específico	Resultado esperado	Resultado obtenido	Porcentaje cumplimiento
Definir, por área agroecológica (combinación suelo-clima) la dosis máxima sustentable de aplicación de N y la tasa hidráulica de aplicación de efluentes, provenientes de plantales porcinos, al suelo	Dosis máxima de aplicación de N por área agroecológica	Se evaluaron 7 dosis en simulaciones de sistemas agrícolas, más 3 dosis adicionales en ensayos de campo. Dosis máximas de aprovechamiento del cultivo están entre los 700 y 900 kgN/ha/año	100%
	Tasa hidráulica de aplicación de efluentes al suelo.	La tasa hidráulica no es limitante en el diseño de los sistemas, la tasa hidráulica se encuentra definida en el Manual de Recomendaciones	100%
Establecimiento de los criterios de diseño generales, ambientalmente sustentables, para la aplicación de los efluentes, provenientes de plantales porcinos, al suelo, para desarrollar un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas	Etapas en el diseño de un proyecto de aplicación de efluentes al suelo.	Etapas definidas y vaciadas en Manual de Recomendaciones	100%
	Criterios de diseño generales de los métodos de aplicación de efluentes al suelo.	Criterios de diseño recopilados, sistematizados e incluidos en Manual de Recomendaciones	100%
	Borrador de Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la aplicación de purines en la agricultura	1 Manual editado de Recomendaciones ambientales	100%
Establecer el destino del nitrógeno en el suelo, en el largo plazo, para diferentes escenarios hidrológicos, de tasas de aplicación, de tipos de suelo y cultivos.	Niveles sustentables de N residual en el suelo en un mínimo de 10 años.	Niveles de N residual para los 12.600 escenarios, los que incluyen 50 años de datos climáticos.	100%
	Niveles de N potencialmente lixiviables	Niveles de N potencialmente lixiviables definidos para los 12.600 escenarios de simulación	100%
	Comportamiento del N en el suelo bajo diferentes escenarios de precipitación y temperatura	12.600 escenarios de simulación, que comprendieron: 7 tasas de aplicación, 3 áreas geográficas, 3 sistemas de manejo, 2 fuentes de nitrógeno, 2 épocas de aplicación, 50 años de datos climáticos	100%
Formular y aplicar en forma piloto, un plan de monitoreo del impacto de la aplicación de efluentes al suelo sobre los recursos hídricos	Protocolo de monitoreo de los recursos hídricos	Protocolo desarrollado, de monitoreo de aguas superficiales y subterráneas	100%
	Protocolo para establecer la vulnerabilidad de los recursos hídricos.	Protocolo de análisis de vulnerabilidad definido y evaluación de 3 sistemas de análisis de vulnerabilidad para las condiciones de Chile, efectuado.	100%
	Dos áreas piloto de monitoreo	2 plantales con planes de monitoreo implementados y seguimiento de monitoreo por 12 meses	100%

3. FASES DE DESARROLLO METODOLÓGICO DEL PROYECTO.

El desarrollo metodológico del proyecto involucró la ejecución de seis (6) fases, las que secuencialmente permitieron conseguir los resultados esperados. A continuación se describen éstas, con un breve comentario acerca de sus objetivos principales, para luego desarrollarlas en mayor detalle.

FASE 1. Caracterización de la producción y de la calidad de los efluentes provenientes de plantales porcinos

Esta fase tuvo como objetivo caracterizar la composición e identificar las propiedades de los efluentes y la forma de manejo de ellos a nivel de plantel porcino. Fue desarrollada durante los primeros 18 meses del proyecto y entregó como resultado una caracterización bastante completa, de tipo estacional y en varios tipos de plantales, de las características químicas, físicas y biológicas de los purines de cerdo en Chile.

FASE 2: Establecimiento y caracterización de los parámetros de suelo, clima y de especies vegetales, relevantes a la selección de los métodos de disposición de efluentes que minimicen los efectos ambientales.

El área de influencia del estudio fueron las regiones Metropolitana, V, VI, VII, VIII y IX, donde existen plantales de producción porcina de envergadura. Esto genera una multiplicidad de combinaciones posibles de condiciones climáticas y edáficas que resultan a su vez en adaptación diferenciada de especies. Para lograr los objetivos planteados, fue necesario establecer combinaciones controladas de suelos y clima, las cuales serán objeto de evaluaciones en terreno y usadas como elemento de corroboración de los modelos de simulación. Se desarrollaron catastros de suelo y clima, con la información existente, de forma tal de dejarlos disponibles para futuras aplicaciones de los métodos propuestos por el proyecto.

FASE 3: Definición de los componentes principales de los balances de masa (agua, nitrógeno), para diferentes tipos de suelo y clima.

Esta fase consideró la cuantificación de los componentes principales de los balances de agua y nitrógeno para algunos suelos sometidos a aplicaciones de efluentes. Se desarrollaron ensayos de campo, utilizando lisímetros no pesantes, en 2 localidades y para 2 suelos distintos, con 3 tipos de manejo de suelos y 5 tratamientos de aplicación de purines y nitrógeno mineral.

FASE 4: Modelación del destino de largo plazo del nitrógeno en el suelo, para distintos escenarios hidrológicos, de tasas de aplicación y cultivos y, en general, para las condiciones ambientales del área de influencia del estudio.

En esta fase, se procedió a utilizar un modelo de simulación de sistemas agropecuarios para establecer, con cierto grado de certeza, el efecto a largo plazo que estas aplicaciones de efluentes residuales y nitrógeno proveniente de fuentes minerales pudiesen tener en el suelo y en los recursos hídricos, orientado al destino del nitrógeno como elemento residual de importancia. Esta fase, de gran extensión, permitió generar importantes conclusiones de manejo de las aplicaciones, de forma de hacerlas más sustentables ambientalmente.

FASE 5: Establecimiento de los criterios de diseño generales de él o de los métodos de aplicación de los efluentes residuales líquidos que minimicen el impacto ambiental.

Esta fase se orientó a, por medio de una exhaustiva revisión de literatura, establecer los criterios fundamentales de diseño para los diferentes métodos existentes de disposición de los efluentes al suelo. A partir de estos antecedentes, se procedió a elaborar un borrador de Manual de Buenas Prácticas de Manejo de Purines en un plantel porcino de tipo industrial.

FASE 6: Formulación de un protocolo de monitoreo del impacto de la aplicación de los efluentes residuales líquidos sobre las aguas subsuperficiales y subterráneas.

Esta fase contempló la formulación de un plan de monitoreo en términos teóricos y de equipamiento y su implementación en forma piloto en dos planteles. Adicionalmente, se estableció un protocolo de evaluación de la vulnerabilidad del sitio y se propuso, a partir de este protocolo, como implementar el plan de monitoreo.

4. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS, RESULTADOS Y CONCLUSIONES, POR FASE DE EJECUCIÓN.

A continuación se hará una descripción detallada de las actividades, resultados y conclusiones obtenidas, etapa por etapa, en los 47 meses de duración del proyecto.

4.1. FASE 1. Caracterización de la producción y de la calidad de los efluentes provenientes de plantales porcinos

Durante el desarrollo de esta fase, se realizaron 5 campañas de muestreo de purines de diferentes plantales, a objeto de obtener una detallada descripción de las características de éstos, de su posible variación estacional y de los volúmenes producidos. De esta forma se analizó un grupo de parámetros físico-químicos, algunos parámetros biológicos y se realizó una evaluación de los plantales en cuanto a los volúmenes producidos por unidad de tiempo. Los predios analizados en profundidad fueron cuatro, Plantel La Isla de Agrícola El Monte (Plantel 1) con 61.135 animales; Plantel Santa Lucía de Agrícola Lyon (Plantel 2) con 14.380 animales; Plantel La Islita de Agrícola La Islita (Plantel 3) con 14.704 animales y Plantel Agripur de Porgen (Plantel 4) con 11.420 animales. En la tabla 1.1, se muestran los resultados analíticos de los purines muestreados desde dichos plantales, entre junio de 2001 y abril de 2002.

Comentario [YAM1]: Sacar o incorporar listado. Debe ser un informe autosuficiente.

Tabla 1.1. Valores analíticos de diferentes parámetros químicos de purines de cerdo, provenientes de 4 plantales de la zona central de Chile.

Plantel Porcino	Fecha de muestreo	C.E. umhos/cm	Ca ³⁺ Mg ²⁺ meq/L	Na ⁺ meq/L	K ⁺ meq/L	HCO ₃ ²⁻ meq/L
Plantel 1	Jun-01	7.940	25,2	7,0	20,5	37,0
	Sep. 2001	11.400	32,6	9,0	34,8	59,0
	Dic. 2001	6.000	20,2	6,0	13,6	29,0
	Abr-02	8.400	41,3	9,9	22,2	60,5
Plantel 2	Jun-01	4.820	12,2	7,0	11,9	32,0
	Sep. 2001	4.970	8,6	7,0	9,9	36,0
	Dic. 2001	3.610	12,1	6,0	5,0	17,0
	Abr-02	7.200	18,9	20,9	20,5	60,5
Plantel 3	Jun-01	6.900	8,0	13,0	19,4	50,0
	Sep. 2001	5.870	13,8	10,0	8,7	26,0
	Dic. 2001	5.660	9,1	7,0	10,4	24,0
	Abr-02	4.100	16,8	9,6	6,5	32,5
Plantel 4	Jun-01	8.700	6,9	7,0	15,1	51,0
	Sep. 2001	6.500	7,4	5,0	8,9	62,0
	Dic. 2001	5.580	7,3	5,0	11,6	34,0
	Abr-02	8.050	35,9	18,9	41,2	96,5

Tabla 1.2. Valores analíticos de diferentes parámetros químicos de purines de cerdo, provenientes de 4 planteles de la zona central de Chile.

Plantel Porcino	Fecha de muestreo	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	DBO mg/L	Densidad g/cc
Plantel 1	Jun-01	864	462,0	14.583,0	1,0055
	Sep. 2001	1.056	690,0	15.413,0	1,0199
	Dic. 2001	345	253,0	8.683,0	1,0098
	Abr-02	648	541,4	10.415,0	1,0000
Plantel 2	Jun-01	384	302,0	3.771,0	1,0024
	Sep. 2001	249	392,0	4.720,0	1,0024
	Dic. 2001	249	231,0	NS	1,0018
	Abr-02	408	362,0	4.160,0	1,0042
Plantel 3	Jun-01	528	302,0	5.824,0	1,0032
	Sep. 2001	288	408,0	10.142,0	1,0049
	Dic. 2001	268	293,0	NS	1,0034
	Abr-02	284	133,0	3.895,0	1,0022
Plantel 4	Jun-01	480	323,0	NS	1,0102
	Sep. 2001	576	249,0	4.416,0	1,0036
	Dic. 2001	336	185,0	5.909,0	1,0085
	Abr-02	1.056	302,0	4.416,0	1,0019

* NS: No solicitado

Tabla 1.3. Valores analíticos de diferentes parámetros químicos de purines de cerdo, provenientes de 4 planteles de la zona central de Chile.

Plantel Porcino	Fecha de muestreo	Sol totales mg/L	Sol solubles mg/L	col fecales nmp/100 ml	N nítrico mg N-NO ₃ ⁻ /L	N total mg N/L
Plantel 1	Jun-01	NS	3.881	2,3E+08	26,7	1.624
	Sep. 2001	23.226	8.617	1,8E+08	240,9	3.798
	Dic. 2001	7.416	3.760	1,6E+08	20,5	1.305
	Abr-02	11.463	7.960	1,6E+06	0,3	1.961
Plantel 2	Jun-01	8.016	2.640	2,3E+08	7,8	700
	Sep. 2001	4.876	2.310	1,8E+08	117,8	742
	Dic. 2001	3.164	1.723	NS	2,3	407
	Abr-02	6.365	6.042	1,6E+08	2,9	1.456
Plantel 3	Jun-01	12.954	3.633	4,0E+05	16,9	616
	Sep. 2001	5.878	3.955	2,0E+02	88,5	854
	Dic. 2001	4.408	2.548	NS	30,0	742
	Abr-02	5.032	3.570	2,6E+06	4,7	666
Plantel 4	Jun-01	11.602	2.836	NS	22,4	1.594
	Sep. 2001	5.612	3.046	5,4E+07	257,7	1.204
	Dic. 2001	6.190	2.905	1,8E+07	9,7	1.155
	Abr-02	7.512	6.911	5,4E+07	2,8	1.680

* NS: No solicitado

Tabla 1.4. Valores analíticos de diferentes parámetros químicos de purines de cerdo, provenientes de 4 planteles de la zona central de Chile.

Plantel Porcino	Fecha de muestreo	N amon mg N-NH ₄ ⁺ /L	P total mg P/L	pH	RAS
Plantel 1	Jun-01	923	561	5,6	2,0
	Sep. 2001	1.552	1.490	6,0	2,2
	Dic. 2001	555	308	5,7	1,8
	Abr-02	787	622	6,1	2,2
Plantel 2	Jun-01	472	220	7,8	2,7
	Sep. 2001	610	172	7,3	3,3
	Dic. 2001	223	72,2	6,6	2,4
	Abr-02	638	292	6,6	6,8
Plantel 3	Jun-01	893	293	8,4	6,7
	Sep. 2001	477	206	6,5	3,9
	Dic. 2001	472	41,8	7,1	3,4
	Abr-02	271	183	6,2	3,3
Plantel 4	Jun-01	986	220	7,8	4,0
	Sep. 2001	750	176	7,9	2,4
	Dic. 2001	546	101	7,3	2,4
	Abr-02	826	290	6,9	4,5

a) Variación estacional del DBO₅ en efluentes provenientes de planteles porcinos

Este parámetro nos da un índice del contenido de sólidos orgánicos presentes en el efluente y es un parámetro de importancia al diseñar los sistemas de tratamiento de aguas, debido a que es uno de los parámetros que controla las tasas de aplicación al suelo, principalmente porque la aplicación de un exceso de sólidos orgánicos conduce a la producción de olores y la generación de un ambiente propicio para el desarrollo de vectores. Adicionalmente, el exceso de sólidos conduce a un eventual sellamiento de los suelos, impidiendo de este modo lograr un tratamiento adecuado de los efluentes. La figura 1.1 muestra la variación encontrada de este parámetro en los 4 planteles analizados.

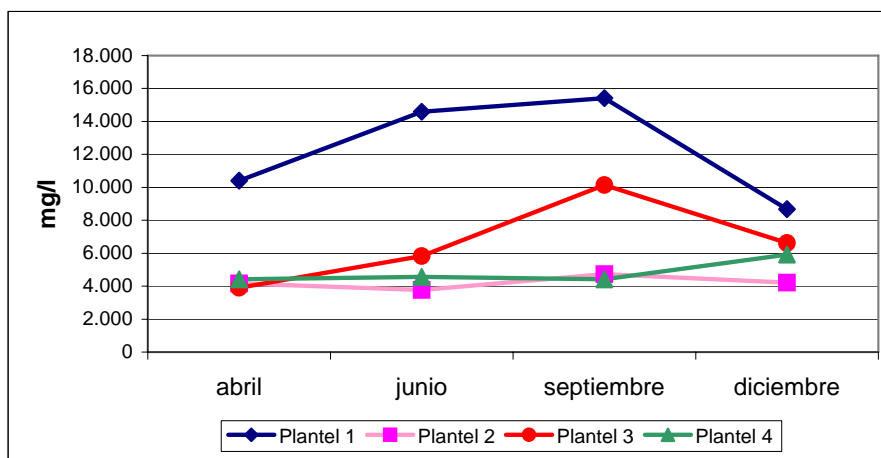


Figura 1.1. Variación estacional del DBO₅ (mg/l) de efluentes provenientes de planteles porcinos

Se observa que los valores de DBO₅ están relacionados al tipo de plantel, con algún componente estacional. En general, hay planteles donde el DBO₅ es relativamente constante durante todo el año debido probablemente a que corresponde a efluentes provenientes de etapas tempranas de desarrollo de los animales, mientras otros planteles presentan valores más elevados en términos promedio durante todo el año. Probablemente, aquellos planteles predominantemente de engorda en etapas finales del desarrollo presenten efluentes con más sólidos orgánicos que los otros. Así mismo, aquellos planteles que utilicen menos agua en sus procesos presentarán efluentes más concentrados que aquellos donde, al utilizarse más agua de lavado, los efluentes están más diluidos. Se observa también que el máximo de este parámetro se presenta en primavera, donde se observa un incremento de sólidos orgánicos en los efluentes, asociado probablemente a un cambio en la alimentación de los animales.

El promedio anual por plantel, entre aquellos prospectados, fluctúa entre los 4.200 y 13.300 mg l⁻¹ de DBO₅, mientras que la variación estacional promedio se presenta en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Variación estacional promedio del contenido de DBO₅ de efluentes provenientes de planteles porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
DBO ₅ (mg l ⁻¹)	5.721	7.184	8.672	6.357

Se observa, en la tabla, una tendencia al aumento del valor de dicho parámetro durante el período primaveral, como fue observado desagregadamente con cada plantel.

b) Variación estacional de la Conductividad Eléctrica (CE) en efluentes provenientes de planteles porcinos

La conductividad eléctrica medida del efluente representa el contenido de sales solubles presentes en él, y es un parámetro de importancia en la futura tasa de aplicación, dado que valores elevados de este parámetro muestran la necesidad de diluir los efluentes, antes de ser aplicados, de forma de que sean tolerados por los cultivos. Así mismo, aplicación constante de efluentes con contenidos significativos de sales solubles tienen un riesgo potencial de salinización del suelo, cuando no existe agua de drenaje en cantidades significativas.

La figura 1.2 muestra la variabilidad estacional de este parámetro para los cuatro planteles seleccionados.

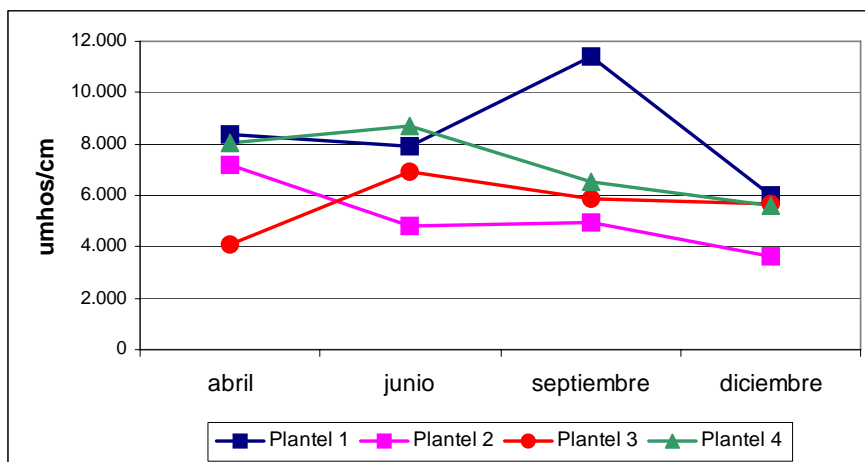


Figura 1.2: Variación estacional de la Conductividad Eléctrica (*umhos/cm*) del efluente proveniente de 4 planteles porcinos.

Al igual que en los sólidos totales, se observa una diferencia entre planteles, presumiblemente dada por el tipo de explotación. Adicionalmente, al menos en uno de los planteles, se aprecia un incremento de la CE durante el muestreo de primavera, probablemente debido a un cambio en el régimen de alimentación de los animales. El promedio anual de la CE fluctúa entre los 5.100 a 8.500 umhos cm^{-1} , mientras que los promedios estacionales se muestran en la tabla 1.6.

Comentario [YAM2]: ¿???

Tabla 1.6. Variación estacional promedio de la CE de efluentes provenientes de planteles porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
Conductividad eléctrica (<i>umhos/cm</i>)	6.937	7.090	7.185	5.212

Se observa que la CE se mantiene, en términos promedio, en valores cercanos a los 7.000 umhos cm^{-1} durante la mayor parte del año, con una disminución de su valor hacia comienzos del

verano. Posiblemente esto se deba a un aumento del uso de agua en los planteles, lo que lleva a una dilución de la concentración de sales, disminuyendo la CE.

Estos valores de CE son, en general, superiores a los de la norma de agua de riego para cultivos tolerantes, por lo cual, su utilización para riego debe ser en forma de mezcla con agua de riego, a objeto de minimizar su impacto en el suelo y en los cultivos.

c) Variación estacional del nitrógeno (N) en efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración de N de los efluentes está representada por tres fuentes de N; la primera, el N total que representa la fracción orgánica e inorgánica de N; y la fracción inorgánica, fundamentalmente representada por los nitratos (N-NO_3^-) y el amonio (N-NH_4^+). Los efluentes presentan concentraciones variables de estas tres fracciones, siendo la fracción amoniacal la predominante. La figura 1.3 indica comparativamente la distribución e importancia de estas dos fracciones minerales en relación al N-total, en términos promedio, para los efluentes porcinos.

La figura 1.4 muestra comparativamente la variación estacional de las formas de N presentes en los efluentes.

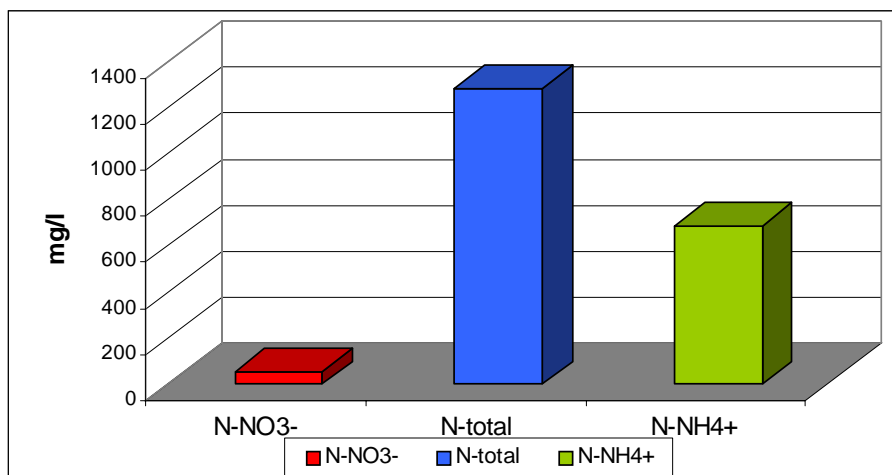


Figura 1.3. Promedio anual de la concentración de N, en sus diferentes formas, en efluentes provenientes de plantales porcinos. Promedio de 4 plantales.

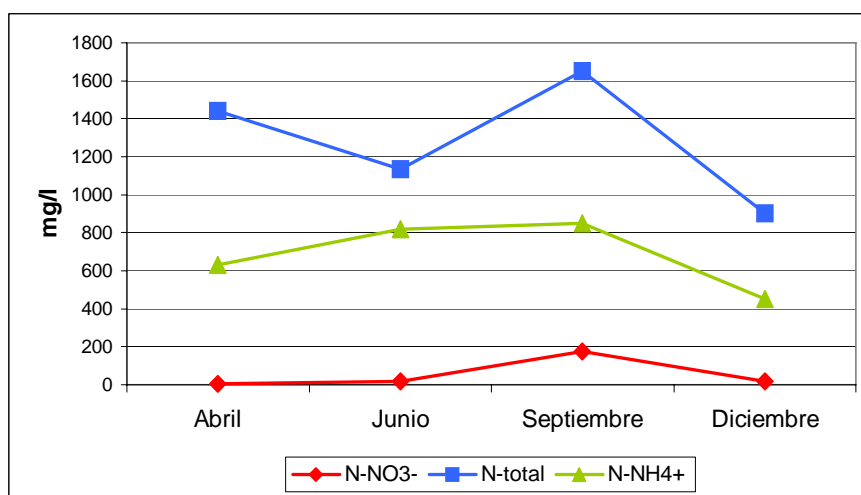


Figura 1.4. Variación estacional del N, en sus diversas formas, en efluentes de plantales porcinos. Valores promedio

No se observa una gran variabilidad estacional, aunque se aprecia un ligero incremento del contenido de N en los efluentes en el muestreo de primavera y una disminución del N hacia el verano. El mayor porcentaje del N total está constituido por N amoniacal y los nitratos son de escasa expresión.

La figura 1.5 muestra la variación estacional de la concentración de nitrógeno total de los efluentes para los planteles seleccionados. Esta concentración es variable y depende fundamentalmente del tipo de alimentación en el plantel. No se observa una clara tendencia estacional, aunque hay cierta disminución de las concentraciones en el período estival.

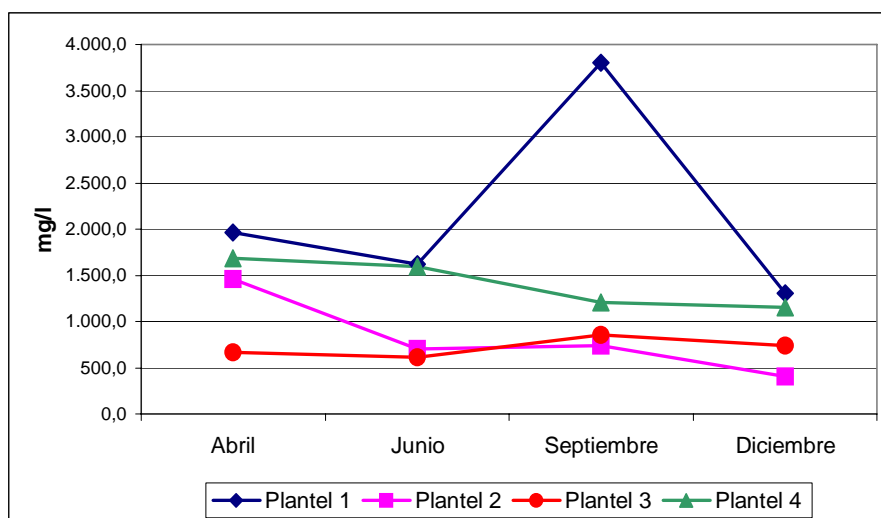


Figura 1.5. Variación estacional del N total (mg/l) de efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración promedio anual por plantel fluctúa entre los 720 y los 2.170 mg l^{-1} y la variación estacional se refleja en la tabla 1.7.

Tabla 1.7. Variación estacional promedio de la concentración de N como N-total de efluentes provenientes de plantales porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
N-total (mg l ⁻¹)	1.441	1.133	1.650	902

La variación estacional no es muy notable, se aprecian concentraciones relativamente similares durante la mayor parte del año, con una ligera disminución de la concentración hacia el verano, posiblemente asociado a un cambio en la alimentación o a una mayor utilización de agua en el plantel.

La figura 1.6 muestra la variación estacional de la concentración de N como nitrato en efluentes provenientes de plantales porcinos. Lo primero que se aprecia es que durante la mayor parte del año los nitratos se encuentran en muy baja concentración, a excepción del muestreo de septiembre, donde muestran un incremento sustantivo. Este incremento puede deberse a procesos biológicos producidos en el mismo efluente ya que no se observan incrementos del N-total en el mismo período. El promedio anual fluctúa entre los 33 y los 72 mg l⁻¹, aunque en primavera la concentración de nitratos puede alcanzar los 175 mg l⁻¹.

La figura 1.7 muestra la variación estacional de la concentración de N amoniacal en efluentes provenientes de plantales porcinos. Se aprecia que, durante la mayor parte del año, los valores son relativamente altos, cercanos en promedio a los 800 mg l⁻¹, con una disminución hacia el verano. Se observan además, diferencias entre plantales, fundamentalmente atribuibles a la alimentación.

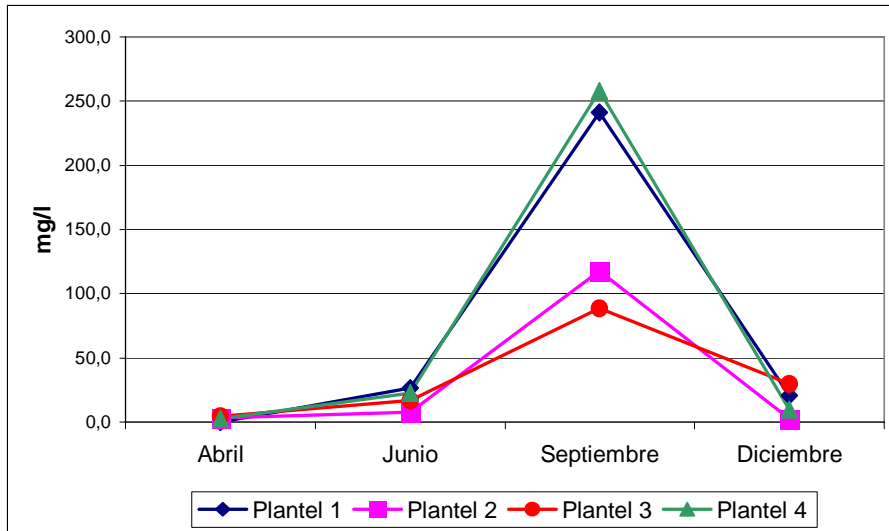


Figura 1.6. Variación estacional de la concentración de N-NO_3^- (mg/l) de efluentes provenientes de planteles porcinos

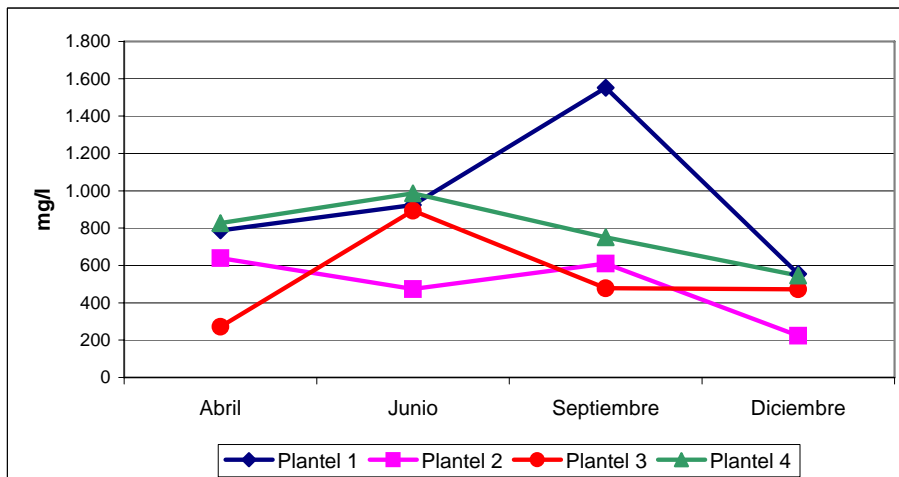


Figura 1.7. Variación estacional del N-NH_4^+ (mg/l) de efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración promedio anual por plantel fluctúa entre los 486 y los 954 mg l^{-1} y la variación estacional se refleja en la tabla 1.8.

Tabla 1.8. Variación estacional promedio de la concentración de N amoniacal de efluentes provenientes de planteles porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
N-NH_4^+ (mg l^{-1})	631	819	847	449

d) Variación estacional del fósforo (P) en efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración de P de los efluentes está representada por los contenidos de P total determinados en los muestreos estacionales seleccionados. La figura 1.8 muestra el comportamiento estacional del contenido del elemento, el cual al parecer, está influenciado por el tipo de plantel y la época del año.

Se observa un agrupamiento de valores en torno a los 200 mg l^{-1} de P, con una cierta tendencia a la disminución de los contenidos hacia el verano, para la mayoría de los planteles considerados. Uno de ellos, sin embargo, presenta un comportamiento distinto, con concentraciones superiores, con un incremento primaveral de los valores y posteriormente una disminución hacia el verano. Esta variación se atribuye al tipo de plantel o a un error en el análisis o muestreo, más que a un efecto estacional.

La concentración promedio anual de P fluctúa entre los 181 a los 745 mg l^{-1} mientras que su variación estacional se muestra en la tabla 1.9.

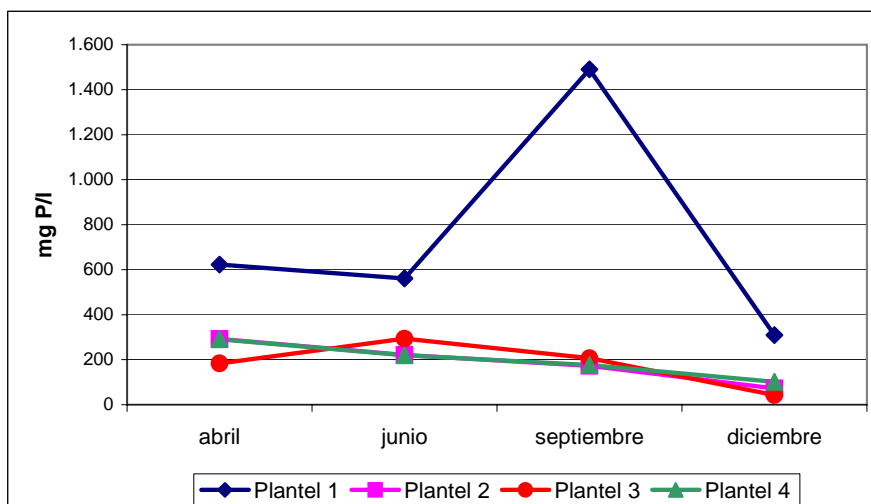


Figura 1.8. Variación estacional del contenido de Fósforo (mg/l) en efluentes provenientes de planteles porcinos

Tabla 1.9. Variación estacional promedio de la concentración de P total en efluentes provenientes de planteles porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
P total (mg l ⁻¹)	347	323	511	131

e) Variación estacional de los sólidos en efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración de sólidos de los efluentes está representada por los contenidos de sólidos totales y sólidos solubles. La figura 1.9 muestra la variación estacional de los sólidos totales que se encuentran en los planteles prospectados.

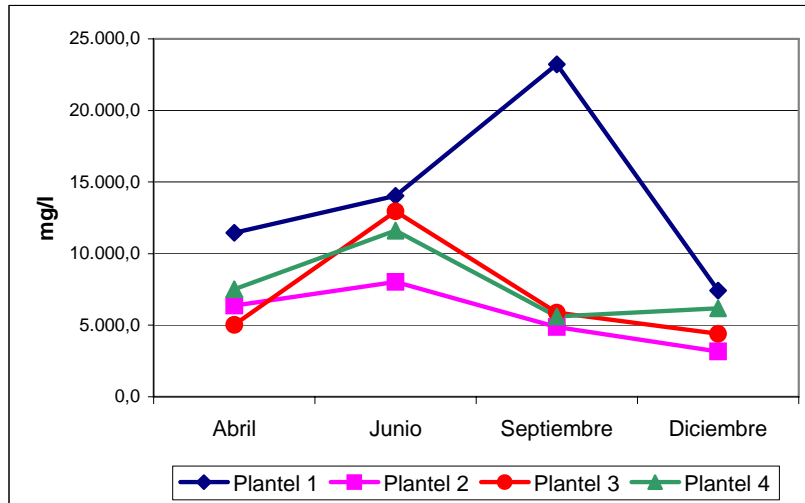


Figura 1.9. Variación estacional del contenido de sólidos totales en efluentes provenientes de planteles porcinos

La concentración de sólidos totales está muy relacionada a la DBO y muestra valores promedio de alrededor de 8.600 mg l^{-1} , donde alrededor del 50% de los sólidos totales corresponde a sólidos solubles (Figura 1.10 y Tabla 1.10).

Se aprecia que los contenidos de sólidos son distintos para los planteles prospectados, siendo este contenido más alto en período abril-junio, descendiendo hacia la primavera-verano, seguramente siguiendo la tendencia de un cambio en la dieta de los animales. De la misma forma que parámetros anteriores, existen variaciones entre planteles que dicen relación con su característica productiva, es decir, la fase de desarrollo de los animales o si mezclan los purines en caso de tener varias fases en el mismo plantel.

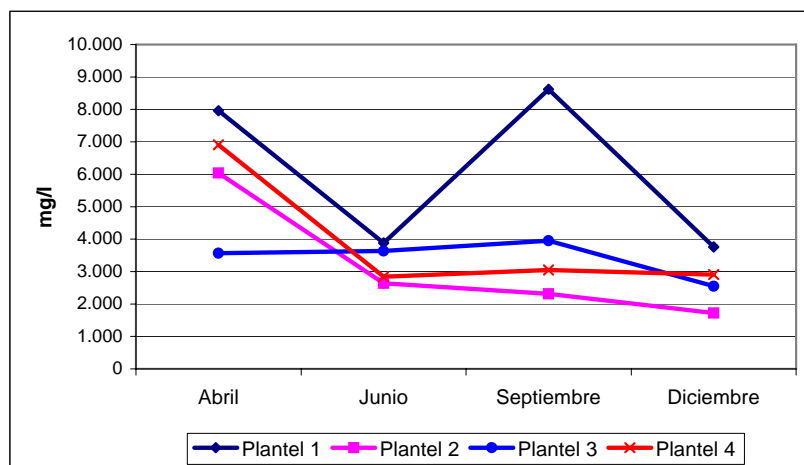


Figura 1.10: Variación estacional del contenido de sólidos solubles en efluentes provenientes de planteles porcinos

Tabla 1.10. Variación estacional promedio de la concentración de sólidos, totales y solubles, y su relación, en efluentes provenientes de planteles porcinos seleccionados.

Parámetro	Abril	Junio	Septiembre	Diciembre
Sólidos totales o ST (mg l^{-1})	7.593	11.651	9.898	5.294
Sólidos solubles o SS (mg l^{-1})	6.120	3.247	4.482	2.734
Razón SS/ST	0,81	0,28	0,45	0,52

A continuación se muestra una caracterización realizada durante el año 2002, de los 4 planteles comprometidos en el proyecto, en cuanto a volúmenes de purines producidos, superficies de aplicación y otros aspectos que permiten caracterizarlos

PLANTEL 1

Ubicación

Este plantel 1 se ubica en la localidad de Chicauma, Comuna de Lampa, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana.

El predio posee una superficie total de 78 ha, de las cuales 4 ha están destinadas a la infraestructura porcina (pabellones y corrales de engorda y recría, bodegas, galpones y oficinas); 27,5 ha a ciruelos, de la variedad D'agen; 20 ha de suelo para la descarga de los efluentes generados en la producción de cerdos y 26,5 ha de suelo sin cultivo (incluye caminos). La estructura productiva se presenta en la tabla 1.11.

La superficie disponible para la aplicación de efluentes líquidos en forma de riego y guano provenientes de la limpieza, corresponde fundamentalmente al suelo sin cultivos y al área ocupada por los frutales, es decir, 47,5 ha.

Tabla 1.11. Plantel 1. Superficie predial

Rubro	Superficie (ha)
Infraestructura Porcina	4,0
Suelo para descarga de efluentes	20,0
Ciruelos	27,5
Suelos sin cultivos	26,5
Total	78,0

Inventario de animales.

El plantel 1 cuenta con el siguiente inventario de animales por etapa de producción, al 26 de junio del 2002 (Tabla 1.12).

Tabla 1.12. Plantel 1. Número de cerdos por etapa de crianza

Etapas	Nº de cabezas
Pre-recría y Recría	3.320
Engorda	8.100
Total de cabezas	11.420

Infraestructura para el plantel de cerdos

Este plantel consta de 14 pabellones, de los cuales 4 corresponden a recría y pre-cría, y 10 a crianza y engorda, con una capacidad total de alojamiento de 11.420 animales. La superficie total destinada a pabellones corresponde a 10.270 m² (Tabla 1.13).

Tabla 1.13. Plantel 1. Número de pabellones y corrales

Categoría animal	Número de pabellones	Número de salas o corrales	Superficie de Corrales	
			Total (m²)	Animales/m²
Recría	2	5	700	0,45
Pre-recría	2	6	810	
Engorda	8	40	6.720	1,08
	1	4	840	
	1	6	1.200	
Total	14	51	10.270	0,90

Insumos utilizados para las dietas

En este predio, dedicado exclusivamente a reproductores no se producen granos, siendo adquiridos todos los insumos para las dietas, de acuerdo a la siguiente proporción.

Tabla 1.14. Plantel 1. Aportes de insumo en etapa de engorda (%).

Insumo	Participación en la dieta (%)
Maíz	70
Afrecho soja	15
Harinilla	7
Harina de pescado	4
Otros (Grasa, Fosfato, Carbonatos, etc.)	4

Debe señalarse que el Plantel 1 tienen una capacidad para almacenar alimentos de 900 toneladas por mes.

Manejo de residuos

- **Sistema de limpieza**

Los pabellones de recría y pre-cría corresponden a pabellones de piso elevado y se utiliza el sistema de limpieza Flush, el que se lleva a cabo una vez por día.

En los pabellones de engorda, de los cuales seis corresponden a estructuras de piso sólido, se utiliza un sistema de limpieza tradicional. Además, existen dos pabellones que poseen también piso elevado, en donde la limpieza se realiza una vez al día mediante el sistema Flush y en dos, donde se utiliza un sistema de cama caliente, en que la limpieza se realiza cada cuatro meses, luego que los animales salen a la venta.

El agua de lavado de los sistemas de limpieza y tradicional de Flush, mencionados anteriormente son conducidas por canaletas de cemento hasta la separadora de sólidos.

- **Residuos sólidos**

En este plantel los residuos sólidos de excretas corresponden a:

- ❖ Cama caliente retirada de dos de los pabellones de engorda donde los cerdos se mantienen en cama de paja de trigo que recibe las fecas y la orina de los animales.

En el sistema de cama caliente se obtienen alrededor de 168 m³ de residuos, que consisten en paja de trigo que contienen el guano y la orina de los cerdos, por cada ciclo de cuatro meses, es decir, un total 504 m³ al año

El material de las camas calientes es transportado y aplicado como mejorador de suelos sobre las 27,5 ha de ciruelos, las que son incorporadas mediante rastrajes sucesivos. De acuerdo a la estimación de los desechos generados de las camas calientes, al año se aplican 18,3 m³/ha; no siendo posible determinar los aportes de nutrientes que este material hace al suelo ya que no existe información analítica al respecto.

❖ Guano de cerdo obtenido al separar los purines crudos, luego de pasar por prensa

Se estima una producción de 20.400 kg al día, equivalentes a 3 carros de 8 m³ de capacidad cada uno, esto corresponde a una producción de 7.344 ton/año de residuos sólidos luego de pasar los purines por prensa, lo que corresponde a un promedio de 643 kg/animal/año. De los residuos sólidos, el 25% corresponde a materia seca, es decir 1.836 Ton/año, que a su vez contiene un 1,2 % de N total, con un aporte a nivel predial de 22.032 kg de N; por su parte, el agua residual contenida, 5.508 m³, posee una concentración de N (Nítrico y Amoniacal), de 1.026 mg/L, lo que hace un aporte total de 27.685 Kg. de N.

El guano separado se utiliza como abono orgánico o mejorador de suelos y es aplicado entre las hileras de la plantación de ciruelos (27,5 ha) mediante un carro abonador, en una dosis de 22,2 Ton/ha/mes, lo que representa una aplicación promedio de 1.006,7 kg/ha de nitrógeno total por año.

- **Residuos líquidos**

El efluente finalmente es conducido desde los pabellones por canaletas abiertas hasta un estanque de concreto, circular cónico, de aproximadamente 140 m³, en donde se homogeniza por medio de

un agitador mecánico. Desde el estanque de agitación el efluente se impulsa hacia un separador sólido del tipo “prensa de tornillo” la que se encuentra instalada en una estructura metálica a una altura de 2.5 m aproximadamente.

De acuerdo a estimaciones, el volumen de residuos líquidos producidos (orina y agua de lavado) es de 150 m³/día, es decir 4.500 m³/mes y 54.000 m³ anualmente. La producción de residuos líquidos se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 1.15. Plantel 1. Producción de Residuos Líquidos

Residuos líquidos	Total (m ³)
Por Día	150
Al Mes	4.500
Al Año	54.000

Los residuos líquidos son descargados en una superficie de 20 ha destinadas para tal efecto. En este terreno, se pretende sembrar en la temporada 2002/03 ballica y trigo para la obtención de la paja a utilizar en las camas calientes. De esta manera se hace una aplicación promedio de 2.700 m³ al año/ha de residuos líquidos (purines y agua de lavado).

Considerando un contenido de nitrógeno total de 2.172,8 mg/L, promedio, en los purines, permitiría estimar la aplicación de este elemento en 117.331 kg de N/año, a nivel predial. Siguiendo el mismo racionamiento anterior, se podría señalar, que dado que estos efluentes son dispuestos en 20 ha de suelo desnudo disponibles para estos efectos, la aplicación de nitrógeno total al año, es de 5.867 kg/ha.

En resumen, en el Plantel 1, considerando los residuos líquidos y sólidos, se aplican al año, un total de 7.281 kg de N total/ha, según se indica en la tabla 1.16.

Tabla 1.16. Plantel 1. N total aplicado por hectárea.

Residuo	Volumen	Superficie	Vol/ha/año	N Total/ha/año
Sólido (Ton)	7.344	27,5	267,1	1.007
Líquido (m ³)	54.000	20,0	2.700,0	5.867
Prom. Ponderado				3.053

Del análisis de este cuadro se puede decir que la producción de residuos sólidos y líquidos, considerando el plantel de cerdos, alcanza en promedio, por cerdo, a un total de 640 kg/año de residuos sólidos, y 4,78 m³/año de residuos líquidos. En cuanto al nitrógeno, los residuos generados por un cerdo, en promedio, aportan 12,5 kgN/año.

PLANTEL 2

Ubicación

Este plantel pertenece a la Sociedad Agrícola El Monte y se encuentra ubicado en el Fundo San Miguel de la Comuna de El Monte, Provincia de Talagante, Región Metropolitana.

El predio posee una superficie total de 97,5 ha, de las cuales 6,7 ha están destinadas a la infraestructura porcina (pabellones y corrales de engorda y recría); 7 ha con tunas, 16 ha con eucalipto y 13 ha de suelo sin cultivo, es decir un total de 36 ha para la descarga de los efluentes generados en la producción de cerdos. Por otra parte, existen 54,8 ha, que corresponden a la superficie donde se emplazan otras infraestructuras, como oficinas, bodegas, caminos y otros.

La estructura productiva del predio se resume en la tabla 1.17.

Tabla 1.17. Plantel 2. Superficie predial

Rubro	Superficie (ha)
Infraestructura Porcina del Plantel	6, 7
Suelo para descarga de efluentes	36,0
Suelos sin cultivos (incluye caminos y terrenos donde están emplazados las oficinas, bodegas y otros)	54,8
TOTAL	97,5

Inventario de animales.

Este plantel está dotado del siguiente inventario de animales, por etapa de producción, al 31 de octubre del 2002 el que se muestra a continuación en la tabla 1.18.

Tabla 1.18. Plantel 2. Número de animales por etapa de crianza.

Etapa	Nº de Animales
Maternidad	15.916
Recría	31.779
Crianza y engorda	0
Chanchillas reposición	3.470
Hembras en lactancia	1.600
Hembras en gestación	8.330
Machos o berracos	40
TOTAL DE CABEZAS	61.135

Infraestructura para el plantel de cerdos

Este plantel consta de 74 pabellones, de los cuales 20 corresponden a gestación, 25 a maternidad, 18 a recría, 4 engorda y 7 a crianza de chanchillas de reposición, con una capacidad total de alojamiento de 69.000 animales. Tal como se indicó anteriormente la superficie total destinada a pabellones es de 66.769 m² (Tabla 1.19).

Tabla 1.19. Plantel 2. Número de pabellones y corrales.

Categoría animal	Número de Pabellones	Número de Corrales	Superficie	
			Total (m ²)	Animales/m ²
Gestación	20		22.643	0,44
Maternidad	25		16.915	0,94
Recría	18		18.898	1,68
Engorda	4	145	3.130	
Crianza de Chanchillas de Reposición	7	165	5.183	0,67
Total	74	310	66.769	0,91

Insumos utilizados para las dietas

La agrícola produce parte de los granos para la dieta de este plantel, siendo el resto adquirido de acuerdo a la siguiente proporción.

Tabla 1.20. Plantel 2. Aportes de insumo en etapa de engorda (%).

Insumo	Participación en la dieta (%)
Maíz	69
Afrecho soja	18
Harinilla	5
Harina de pescado	3
Grasa	2
Fosfato	0,07
Carbonatos	1
Otros	1,93

Debe señalarse que este plantel de cerdos, posee una capacidad para almacenar alimentos de 584 toneladas en silos metálicos.

Manejo de residuos

- **Sistema de limpieza**

La limpieza en este plantel se realiza dos veces al día, en la mañana y en la tarde. La primera, abarca la mayor cantidad de desechos, aproximadamente un 70%, ya que cubre un total de 16 horas al día. La segunda limpieza cubre las otras 8 horas, que corresponde al 30% restante de los residuos diarios.

En la tabla siguiente se indica el sistema de limpieza empleado en cada etapa productiva, así como la frecuencia con que se realiza

Tabla 1.21. Plantel 2. Sistema de limpieza por etapa productiva

Categoría animal	Sistema de limpieza	Frecuencia
Gestación	Tradicional y Flush	Día x medio
Maternidad	Pit y Tradicional	2 veces x semana
Recría	Tradicional y Pit	2 veces x semana
Engorda	Tradicional	Día x medio

El agua de lavado de los sistemas de limpieza mencionados anteriormente, es conducida por canaletas de cemento hasta la separadora de sólidos.

- **Residuos sólidos**

Los residuos son conducidos desde los pabellones por canaletas abiertas hasta un estanque de concreto, circular cónico, de aproximadamente 40 m³, en donde se homogeniza por medio de un agitador mecánico. Desde el estanque de agitación el efluente se impulsa hacia un separador de sólidos del tipo “rejilla inclinada con prensa de rodillos” la que se encuentra instalada en una estructura metálica a una altura de 2.5 m aproximadamente

De esta manera, los residuos sólidos corresponden al guano de cerdo luego de separar los purines crudos en la prensa, estimándose una producción de 40.800 kg al día, equivalentes a tres carros de 16 m³ de capacidad, cada uno. Esto corresponde a una producción de 14.688 ton/año de residuos sólidos, considerando que el residuo sólido posee un 25% de materia seca, se tendría una producción al año de 3.672 ton/año de materia seca. Esto corresponde a un promedio de 240 kg/animal/año, de residuos sólidos.

Se debe tomar en cuenta, que todo el guano producido en el plantel se aplica en el mismo predio, en las plantaciones de tuna y eucalipto, en un total de 23 ha. Por ello, considerando una concentración de N total, en la materia seca de los sólidos de un 1,27% y una concentración de N nítrico y amoniacal en el agua residual de 519 mg/l en (11.016 m³/año), se aplican al año 52.352 kg de N, a nivel predial., es decir un equivalente a 2.276,3 kg N/ha, en promedio.

- **Residuos líquidos**

De acuerdo a estimaciones, el volumen de residuos líquidos producidos (orina y agua de lavado) es de 400 m³/día (aproximadamente diez estanques), es decir 12.000 m³/mes y 144.000 m³ anualmente. La producción de residuos líquidos se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 1.22. Plantel 2 Producción de Residuos Líquidos

Residuos líquidos	Total (m3)
Por Día	400
Al Mes	12.000
Al Año	144.000

Los residuos líquidos se destinan al riego de 36 ha, de las cuales 7 ha corresponden a una plantación de tunas, 16 ha a eucalipto y 13 ha de suelo desnudo. De esta manera se hace una aplicación promedio de 4.000 m³ /año/ha de residuos líquidos (purines y agua de lavado).

Considerando un contenido de nitrógeno total de 826,7 mg/L, promedio, en los purines, permitiría estimar la aplicación de este elemento en 119.045 kg de N/año, a nivel predial. Siguiendo el mismo racionamiento anterior, se podría señalar, que dado que estos efluentes son dispuestos en 36 ha de suelo disponibles para estos efectos, la aplicación de nitrógeno total al año, es de 3.306,8 kg/ha.

La tabla 1.23 resume la aplicación de nitrógeno en este plantel, considerando los residuos líquidos y sólidos, en 23 ha de cultivos y 13 ha de suelo desnudo.

Tabla 1.23. Plantel 2. N total aplicado por hectárea al año.

Residuo	Volumen	Superficie	Cultivos	vol/ha/Año	N Total/ha/año
Sólido (Ton)	14.688	23	Tuna-Eucalipto	638,6	2.276,2
Líquido (m ³)	92.000	23	Tuna-Eucalipto	4.000	3.306,8
TOTAL		23	Tuna-Eucalipto		5.583,0
Líquido	52.000	13	Suelo Desnudo	4.000	3.306,8
TOTAL		13	Suelo Desnudo		
Promedio Ponderado					4.761,0*

* Este valor corresponde al promedio ponderado de 23 ha con aplicaciones de 5.583 y de 13 ha con aplicaciones de 3306,8.

De esta tabla, se infiere que los aportes de residuos sólidos y líquidos, corresponden, a nivel predial, a 14.688 ton y 144.000 m³, respectivamente. Al relacionar estas cifras con el número de cerdos, se puede inferir que la producción promedio por animal alcanza a 240 kg/año de residuos sólidos, y 2,35 m³/año de residuos líquidos. En cuanto al nitrógeno, los residuos líquidos y sólidos, generados por un cerdo, en promedio, aportan 2,8 kg/N/año.

PLANTEL 3

Ubicación

El plantel 3 se encuentra ubicado en la el sector de “La Islita”, en la Comuna de Isla de Maipo, Provincia de Talagante, Región Metropolitana.

Este predio posee una superficie productiva de 59,2 ha, la que se desagrega en la siguiente tabla.

Tabla 1.24. Plantel 3. Superficie predial

Rubro	Superficie (ha)
Infraestructura Porcina	1,2
Suelo para cultivos y descarga de efluentes	8,0
Parronales y descarga de efluentes	50,0
Total	59,2

Inventario de animales

Este plantel está dotado del siguiente inventario de animales por etapa de producción al 31 de mayo del 2002 y se muestra a continuación en la tabla 1.25.

Tabla 1.25. Plantel 3. Cerdos por etapa de crianza

Etapas	Nº Cabezas
Recría	5.344
Engorda	9.360
Total de Cabezas	14.704

Infraestructura para el plantel de cerdos

El plantel 3 cuenta con 11 pabellones, cubriendo una superficie de 11.685 m², de los cuales 4 corresponden a cría y recría y 7 a crianza y engorda, con una capacidad de alojamiento apropiada para los 14.704 animales. La superficie destinada a los pabellones, así como el área por cada animal se indica en la tabla 1.26.

Tabla 1.26. Plantel 3. Número y superficie de pabellones y corrales

Etapa	Pabellones	Corrales	Superficie	
			Total (m ²)	Animales/m ²
Recría	4	8	3.600	1,48
Crianza y engorda	7	14	8.085	1,16
Total	11	22	11.685	1,26

Insumos utilizados para las dietas

En este plantel, los insumos utilizados al año, en promedio para la fase de engorda de los animales, se presentan en la tabla siguiente, de acuerdo al porcentaje en que éstos son empleados.

Tabla 1.27. Plantel 3. Aportes de insumo en etapa de engorda (%)

Insumo	Participación en la dieta (%)
Mafz	68
Afrechillo	9
Soja	18
Harina de sangre	1,5
Grasa	2,5
Fosfato	1,1
Carbonato	0,6

Debe señalarse que el Plantel 3, posee una fábrica de alimentos, con una capacidad de producir 908 ton/mes.

Manejo de residuos

- **Sistema de limpieza**

La limpieza en este plantel se realiza una vez al día en engorda, en la mañana y en recría se realiza una vez y media a la semana, ya que posee fosas las que se limpian con un volumen mínimo de agua.

- **Residuos sólidos**

En este plantel los residuos sólidos de excretas corresponden a guano de cerdo que es obtenido al separar los purines crudos luego de pasar por prensa.

El guano obtenido desde el sistema de separación es recibido en un carro de 4 m³ de capacidad. Diariamente se recolecta aproximadamente dos y medio carro, es decir, del orden de 10 m³, que equivale a aproximadamente 8,5 toneladas, lo que implica 255 toneladas por mes y 3.060 ton/año. Esto corresponde a alrededor de 208 kg de residuos sólidos/ animal al año.

En general en este plantel, no existe variación estacional respecto al volumen de residuos generados.

Todo el guano es utilizado en el mismo predio, el cual luego de ser separado en la prensa es aplicado a 50 ha. de parronales, como abono orgánico. Además, se aplica durante el invierno, en la preparación del suelo de 8 ha dedicadas a cultivos. De esta manera, se podría estimar que durante el período de otoño-invierno, es decir de abril a septiembre, se aplica el 50% de los residuos generados al año, 1.530 Ton, cubriendo una superficie de 58 ha, con un promedio de 26,4 Ton/ha. Mientras tanto, en el resto del año, octubre a marzo, los residuos son aplicados solamente a las 50 ha de patronales, con un promedio de 30,6 Ton/ha.

De esta manera, estimando que del total de residuos sólidos, el 25% corresponde a materia seca , que contiene un 2,1% de N total y el resto a agua residual, que posee 564 mg/L de N-NH₄ y N-NO₃, respectivamente, el contenido de N aplicado al suelo durante el año, se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1.28. Plantel 3. Aplicaciones de Residuos Sólidos y Nitrógeno total.

Aplicaciones de Residuos Sólidos	Parronales			Suelo Desnudo
	Invierno	Verano	Total	Invierno
Superficie (ha)	50	50	50	8
Res. Sólido Total (Ton)	1319	1530	2849	211
Materia Seca (Ton)	329,7	382,5	712,2	52,8
% de N en MS	2,1	2,1	2,1	2,1
Agua en Sólido (m ³)	6924,6	8032,5	14957,1	1107,9
mg/L de N	564	564	564	564
N Total aplicado (Kg)	7482,5	8679,7	16162,2	1197,2
Kg de N/ha	149,7	173,6	323,2	149,7

De este cuadro se observa, que las aplicaciones de residuos sólidos, representan una adición de N total, que fluctúa entre 323,2 kg/ha de N al año, para el sector con parronales y 149,7 kg/ha para suelo desnudo.

- **Residuos líquidos**

El efluente es conducido desde los pabellones por canaletas abiertas hasta un estanque de concreto, circular cónico, de aproximadamente 40 m³, en donde se homogeniza por medio de un agitador mecánico. Desde el estanque de agitación el efluente se impulsa hacia un separador sólido del tipo “prensa de tornillo” que se encuentra instalada en una estructura metálica, cuyo volúmenes y destino se discutió anteriormente

Por su parte, los residuos líquidos se estiman, en aproximadamente, 120 m³/día, es decir, 43.200 m³ al año. La producción de residuos líquidos se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 1.29. Plantel 3. Producción de Residuos Líquidos.

Residuos líquidos	Total (m³)
Por Día	120
Al Mes	3.600
Al Año	43.200

A igual que lo indicado para los residuos sólidos, los líquidos son descargados la misma superficie; es decir en 58 ha durante el período de abril a septiembre, inclusive y sólo en las 50 ha de patronales, en el período de octubre a marzo.

Considerando un contenido de nitrógeno total de 720 mg/L, promedio, en los purines, permitiría estimar la aplicación de este elemento en 31.104 kg N/año, a nivel predial. Siguiendo el mismo racionamiento anterior, se podría señalar, que en las 50 ha destinadas a patronales se hace una aplicación de 192,8 kg de N total/ha, mientras que en las 8 ha de suelo desnudo, se aplica en la preparación de suelos, del orden de 89,2 kg/ha de N total al año (Tabla 1.30)

Tabla 1.30. Plantel 3. Aplicaciones de Residuos Líquidos y Nitrógeno total

Aplicaciones de Residuos Sólidos	Parronales			Suelo Desnudo
	Invierno	Verano	Total	Invierno
Superficie (ha)	50	50	50	8
Res. Líquido (m ³)	18.621	21.600	40.221	2.979
Concentración (mgN/L)	720	720	720	720
N Total aplicado	13.407	15.552	28.959	2.145
kgN/ha	268,1	311,0	579,2	268,1

Se observa de este cuadro, que la aplicación de residuos líquidos determina un total de 570,2 kg/ha de N total al año en parronales y de 268, 1 kg/ha de N total en el suelo desnudo.

En resumen, en el Plantel 3, considerando los residuos líquidos y sólidos, se incorporan al año, entre 417,8 y 902,4 kg de N total/ha, con un promedio ponderado de 835,6 kg/ha de N total.

Del análisis de estos cuadros se puede decir que la producción de residuos sólidos y líquidos, alcanza en promedio, por cerdo, a un total de 208 kg/año de residuos sólidos, y 2,94 m³/año de

residuos líquidos. En cuanto al nitrógeno, los residuos generados por un cerdo, en promedio, aportan 3,3 kg/N/año.

PLANTEL 4

Ubicación

Este plantel se ubica en la localidad de San Roberto, Comuna de Pichidegua, Provincia de Cachapoal, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

El predio, consta de una superficie de 860 ha cultivables, de las cuales 7,0 ha son destinadas al plantel porcino, para cría, recría y engorda, respectivamente.

Inventario de animales.

El plantel porcino está dotado del siguiente inventario de animales, por etapa de producción, al 12 de junio del 2002, el que se indica a continuación en la tabla 1.31.

Tabla 1.31. Plantel 4 Número de animales por etapa de crianza.

Etapas	Nº de Cabezas
Maternidad	1.588
Recría	4.180
Crianza	3.864
Engorda	3.373
Chanchilla	184
Hembras	1.186
Machos o berracos	5
TOTAL DE CABEZAS	14.380

Debe señalarse además, que la sociedad, en su conjunto posee un total de 67.488 cerdos, distribuidos en un total de 6 Planteles.

Infraestructura para el plantel de cerdos

Este plantel consta de 46 pabellones con una capacidad de alojamiento de 14.380 animales, cuya distribución por etapa de producción se presenta en la tabla 1.32.

Tabla 1.32. Plantel 4. Número de pabellones y corrales por Etapa de Producción.

Etapa Productiva	Número de pabellones	Número de corrales	Superficie (m ²)	
			Total	Animales/m ²
Gestación	4	380	2.107	1,32
Maternidad	4	248	1.780	1,58
Recría	9	108	1.111	0,28
Engorda	19	342	7.410	0,90
Chanchillas	2	28	653	0,95
Destete	7	168	859	0,23
Total	45	1.247	13.920	0,97

Insumos utilizados para las dietas

En este predio, se produce gran parte del maíz utilizado en la alimentación de los animales, los que junto a los otros componentes que son adquiridos fuera del predio, son preparados y almacenados en la fábrica instalada en Santa Lucía, de acuerdo a la siguiente proporción.

Tabla 1.33. Plantel 4. Aportes de insumos para la dieta (%)

Componente	Cantidad (Ton/año)	Proporción en la dieta (%)
Maíz	5.460,00	67,64
Soya	2.130,44	26,39
Acido graso mezcla	150,38	1,86
Carbonato de calcio	90,58	1,12
Fosfato Tricalcico	57,93	0,72
Lisina	11,31	0,14
Harina de pescado	41,08	0,51
Suero	9,88	0,12
Lactosa	9,88	0,12
Metionina	2,02	0,02
Trionina	0,97	0,01
Acido graso vegetal	39,26	0,49
Fortigro	0,44	0,01
Nultralmix	5,20	0,06
Antioxidante	1,11	0,01
Sal	26,99	0,33
Licopeptil	5,75	0,07
Oxido de zinc	1,92	0,02
Antibióticos	18,69	0,23
Vitamina	8,28	0,10
TOTAL	58.072	100,00

Manejo de Residuos

- **Sistema de limpieza**

La limpieza de los pabellones, en este plantel, se realiza una vez al día, en la mañana, mediante el sistema de flush.

- **Residuos sólidos**

En este plantel los residuos sólidos corresponden exclusivamente al guano de cerdo que es obtenido al separar los purines crudos, luego de pasar por la prensa.

Volumen de residuos sólidos. El guano obtenido desde el sistema de separación, en la prensa, es depositado directamente sobre un carro de 8 m³ de capacidad, con una producción diaria de aproximadamente 12 m³, es decir, aproximadamente, unas 10,2 Ton/día, lo que implica 306 toneladas/mes y 3.672 ton/año. Esto corresponde a una producción promedio de 240 kg/animal/año, de residuos sólidos. Al expresar estos residuos sólidos en materia seca, corresponden solo a 918 ton/año y a 2.754 m³ de agua residual.

En general, en este plantel, no existe variación estacional respecto al volumen de residuos,

Destino de residuos sólidos. En este plantel todo el guano generado por los cerdos es utilizado en el mismo predio, el cual luego de separado en la prensa es conducido, en un coloso, hasta una cancha de acopio que cubre alrededor de 2 ha, donde es acumulado, y aplicado posteriormente, a maíz, kiwi y parronales. Esta cancha de acopio se encuentra a mas de 20 m de distancia de cuerpos de agua superficial y de pozos, aislándose del suelo por una capa natural de terreno compactado por maquinaria pesada, de modo de evitar infiltraciones y lixiviación hacia los recursos hídricos subterráneos y/o superficiales.

En la temporada, 2002, se aplicaron los sólidos producidos en 750 há (120 ha de parronales, 80 ha de Kiwi y 550 ha de maíz); sin embargo la producción de purines de Sta Lucía, proporcionalmente se aplicaron solo sobre 160 ha. Considerando una concentración de 1,79% de N total en los sólidos, se aplican al año un total de 16.432 kg de N, cifra que se debe incrementar con el nitrógeno contenido en el líquido residual (N-NO₃ y NH₄), que posee una concentración de 851 mg/L, en 2.342, es decir, en la materia sólida se aporta un total de 18.774 kg de N, a nivel predial, lo que equivale a 117, 3 kg de N/há, en promedio (Tabla 1.34)

Tabla 1.34. Plantel 4. N total en forma de sólido aplicado por hectárea.

Residuo	Volumen	Superficie (ha)	Kg/N/año	N Total/ha/año
Sólido (ton)	918	160	16.432	102,7
Líquido residual del sólido (m ³)	2.754	160	2.342	14,6
TOTAL			20.312,6	117,3

- **Residuos líquidos**

En este plantel porcino, los residuos líquidos corresponden a los efluentes generados en el proceso de separación de los purines crudos y al agua de lavado de los pabellones y corrales. Estos efluentes, son conducidos desde los pabellones por canaletas abiertas hasta un estanque de concreto, circular cónico, de aproximadamente 35 m³, en donde se homogeneiza por medio de un agitador mecánico. Desde el estanque de agitación el efluente se impulsa hacia un separador sólido del tipo “prensa de tornillo” la que se encuentra instalada en una estructura metálica a una altura de 3 m aproximadamente.

Volumen de residuos líquidos. Considerando, que en promedio, diariamente se produce el equivalente a 3 estanques, es decir, aproximadamente 105 m³ de residuos líquidos (orina y agua de lavado), al mes se tendría una producción de 3.150 m³/mes y 37.800 m³ anualmente.

Los residuos líquidos producidos se utilizan para regar, aproximadamente, 550 há de maíz, durante la temporada; y durante el resto del año, se aplica sobre esta misma superficie en el suelo desnudo; sin embargo, proporcionalmente, con los residuos del plantel 4, se riegan solo 117 ha. Para estos efectos, se hace una dilución con agua, en las mismas acequias de riego, en una proporción aproximada de 1:1; mientras que en el suelo desnudo, se aplica sin diluir, por no contar, en ese período del año, con agua de riego. De esta manera se hace una aplicación promedio de 323,1 m³/año/ha de residuos líquidos (purines y agua de lavado).

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los residuos líquidos generados en el Plantel Sta. Lucía.

Tabla 1.35. Plantel 4. Producción de Residuos Líquidos, después de prensa.

Residuos líquidos	Total (m ³)
Por Día	105
Al Mes	3.150
Al Año	37.800

Considerando un contenido de nitrógeno total de 1.409 mg/L, promedio, en los residuos líquidos, permitiría estimar la aplicación de este elemento en 53.260 kg de N/año, a nivel predial. Siguiendo el mismo racionamiento anterior, se podría señalar, que dado que estos efluentes son dispuestos en 117 ha disponibles para estos efectos, la aplicación de nitrógeno total al año, es de 455,2 kg/ha.

Tabla 1.36. Plantel 4. N total en forma de líquido aplicado por hectárea.

Residuo	Volumen	Superficie (ha)	Kg/N/año	N Total/ha/Año
Líquido (m ³)	37.800	117	53.260	455,2

De esta manera, se puede resumir que considerando la fracción sólida y líquida de los residuos generados, el plantel 4 produce al año 72.035 kg de nitrógeno, con un promedio ponderado por ha de 450 kg de N total.

En consecuencia la producción de residuos sólidos y líquidos, considerando el plantel 4, alcanza en promedio, por cerdo, a un total de 260 kg/año de residuos sólidos, en base húmeda y 2,63 m³/año de residuos líquidos. En cuanto al nitrógeno, los residuos generados aportan en promedio, ponderado, un total de 260 kg/ha, mientras que por cerdo, en promedio, se evidencia un aporte de 5,0 kg/N/año.