Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Departamento de Ciencias Animales

"*Diseño de un Sistema de Manejo y Utilización de Purines en Predios de Engorda Bovina Intensiva, Basado en Estudios de Casos.*"

Proyecto de Título presentado como
parte de los requisitos para optar al
Título de Ingeniero Agrónomo

RAUL CONTRERAS DEVIA
RAFAEL VILCHES GALVEZ

Profesor Guía: Antonio Hargreaves Butron Ph.D.
Profesor Informante: Juan Gastó Coderch Ph. D.

Santiago-Chile
Enero, 2007

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro profesor guía Antonio Hargreaves por permitirnos desarrollar de la mejor forma posible esta investigación, además de su gran apoyo como persona mostrado en el transcurso del año.

También queremos agradecer a nuestro profesor informante Don Juan Gastó, por aquellas reuniones y conversaciones que siempre fueron un valioso aporte para este trabajo y para nosotros como personas.

Agradecer a Don José Tomás Pérez Cruz, Don Werner Haeussler y la Familia Burgos, por permitirnos realizar nuestro trabajo de investigación en sus predios y por su buena disposición y tiempo entregado durante todo el tiempo de investigación.

Agradecer a la empresa Wetland S.A, en especial a Martín Fox por su continuo y permanente apoyo en las investigaciones de nuestro tema.

De forma muy especial agradecemos a nuestros incondicionales amigos de la vida universitaria Cristián Rodríguez y Mariana Thielemann por estar con nosotros siempre. También agradecemos a nuestros compañeros y amigos de la especialidad de Ciencias Animales, en especial a Jorge Müller por la disposición a colaborar en nuestro trabajo.

Muchas gracias a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo.

Agradecimientos Rafael Vilches

Quiero agradecer el apoyo brindado por mi familia durante todas las etapas de mi vida. Igualmente, agradezco el apoyo incondicional de mis amigos y compañeros de Universidad y Especialidad. Gracias por el apoyo entregado durante todos estos años.

Agradecimientos Raúl Contreras

Agradezco y dedico este trabajo a mis padres Cristina Devia y Raúl Contreras, ya que sin el apoyo de ellos no hubiese logrado desarrollar mi carrera profesional de la forma que lo hice.

A mis amigos, compañeros y todas las personas que confiaron siempre en este trabajo.

Dedico este trabajo a mis padres Rafael Vilches K. Y Cecilia Gálvez D.
por apoyarme siempre en todos mis proyectos.
Rafael Vilches Gálvez.

A Cristina y Raúl por su incondicional apoyo.
Raúl Contreras Devia

Indice

Introducción ***18***

Objetivos ***20***

Objetivo General **20**

Objetivos específicos **20**

Hipótesis ***20***

Ordenamiento Territorial ***21***

Bases Teóricas **21**

Anatomía Predial de un Sistema de Engorda Bovina **23**

Sociedad - Naturaleza **25**

Paradigma **26**

Reciclaje de nutrientes **27**

Ciclos Biogeoquímicos **29**

Orden **33**

Modelo **39**

Estado del Arte ***41***

Aplicación y Pérdidas de Nutrientes al Suelo ***41***

Composición del Purín **46**

Método de aplicación **51**

Época de aplicación **56**

Efecto en el cultivo **58**

Volatilización **61**

Efecto de la técnica de aplicación **65**

Efecto de la aplicación en propiedades del suelo **67**

Almacenamiento de los purines **69**

Biodigestores ***73***

Digestión anaeróbica **75**

Proceso **77**

Factores que afectan la degradación en Digestores Anaeróbicos **78**

Productos Finales de la Digestión Anaeróbica **83**

Biogas 83

Usos del Biogás 85

Bioabono 88

Efluente liquido 89

Efluente Sólido 90

Tipos de Digestores **92**

Digestores por Lote 92

Digestores de Régimen Semi Continuo 93

Digestores Horizontales 93

Digestores de Régimen Continuo 93

UASB 93

Pantanos Artificiales (Wetlands) ***96***

Sistemas Naturales **96**

Wetlands Artificiales **97**

Funcionamiento general de un sistema wetland artificial. **98**

Componentes en el tratamiento de Wetlands Artificiales **102**

Vegetación 102

Sustrato para las plantas del sistema wetland 104

Diseño de Sistemas Wetlands **105**

Tipos de Wetlands artificiales **107**

Compost ***110***

Estiércol de vacuno **111**

Proceso de Compostaje **112**

Madurez de la Composta **114**

Métodos de producción de compost **115**

Manejo en pilas **115**

Beneficios del compost **116**

Lombricultura ***119***

Lombriz Eisenia foetida **119**
Características externas 120
Tipo de Sustrato **121**
Manejo y preparación del sustrato **122**
Compostaje y manejo de lombrices **124**
Producción de Humus **124**
Cosecha de humus de lombriz **127**
Utilización del producto final **127**
Importancia Ecológica **128**
Separador Sólido / Líquido ***129***
Separación **129**
Recolección Hidráulica **131**
Recolección Mecánica. **133**
Separadores **134**
Separación por prensa (tornillo) 134
Fracción Liquida 135
Fracción Sólida 135
Separador Estático 136
Materiales y Métodos ***139***
Metodología de Extracción de Columnas de Suelo y Prueba de Percolación de Nitrógeno ***142***
Objetivo **142**
Hipótesis **142**
Materiales y Métodos **142**
Estudios de Casos ***146***
Descripción Predial: "Fundo Calbú" ***146***
Observaciones **147**
Descripción Predial: "Fundo Liguai" ***153***
Observaciones **154**

Descripción Predial: "Fundo Santa Magdalena" *159*

Observaciones **160**

Diagnóstico Fundo "Calbú" *166*

Características Generales del Entorno **166**

Variables Edafoclimáticas **166**

Variables Productivas **167**

Dieta **167**

Manejo de Purines **168**

Variables de Infraestructura **169**

Variables Socio – Demográficas **169**

Variables Económicas **170**

Resultados Ensayo lixiviación de Nitratos **171**

Diagnóstico: Fundo Liquai *172*

Características Generales del Entorno **172**

Variables Edafoclimáticas **172**

Variables Productivas **173**

Dieta **173**

Manejo de Purines **173**

Variables Infraestructuras **175**

Variables Socio - Demográficas **175**

Variables Económicas **175**

Diagnóstico Fundo Santa Magdalena *176*

Características Generales del Entorno **176**

Variables Edafoclimáticas **176**

Variables Productivas **178**

Dieta **178**

Manejo de Purines **179**

Variables de Infraestructuras **179**

Variables Socio – Demográficas **179**

Variables Económicas **180**

Resultados Ensayo lixiviación de Nitratos **181**

Diseño Manejo de Purines ***182***

Estudio de Caso: Fundo "Calbú" ***183***

Producción de purines **183**

Cálculos de purines **186**

Cálculos en base a sistema propuesto **188**

Corrales Nuevos **192**

Receptividad Tecnológica del Territorio ***194***

Aplicación de purines al suelo **194**

Estiércol Sólido **199**

Diseño pozos **200**

Recomendaciones finales **202**

Opciones Alternativas **205**

Ordenamiento Territorial **205**

Estudio de Caso: Fundo "Liguai" ***207***

Producción de purines **207**

Cálculos de purines en el sistema actual **210**

Cálculos en base a sistema propuesto **214**

Diseño sistema de tratamiento **215**

Estiércol Sólido **217**

Recomendaciones finales **218**

Opciones Alternativas **220**

Ordenamiento Territorial **220**

Estudio de Caso: Fundo "Santa Magdalena" ***222***

Producción de purines **222**

Cálculos de purines en el sistema actual **225**

Sistema propuesto **229**

Receptividad Tecnológica del Territorio ***231***

Aplicación de purines al suelo **231**

Estiércol Sólido **237**

Diseño pozos **238**

Recomendaciones finales **239**

Opciones Alternativas **241**

Ordenamiento Territorial **242**

Diseño Ficha Purinera ***244***

Conclusiones ***253***

Bibliografía ***255***

ANEXO ***271***

Normativas Relacionadas al Manejo y Contaminación por RILES **271**

FUNDO LIGUAI **276**

FUNDO CALBÚ **277**

FUNDO SANTA MAGDALENA **278**

Indice de Tablas

Tabla 1. Limites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos en Condiciones de Vulnerabilidad Baja y Media _____ *43*

Tabla 2. Composición de Nitrógeno y Fósforo de los purines _____ *47*

Tabla 3. Composición porcentual de Nitrógeno, Fósforo y Potasio de los purines según diferentes autores _____ *48*

Tabla 4. Patógenos presentes en los purines y enfermedad causante _____ *49*

*Tabla 5: proporción de nitrógeno presente en el estiércol, mineralizado en el suelo por año*_____ *60*

*Tabla 6: Características de las bacterias presentes en la biodigestión*_____ *79*

*Tabla 7. Tiempo de retención hidráulico en diferentes tipos de estiércol*_____ *81*

*Tabla 8: Recomendaciones de manejo*_____ *82*

Tabla 9: Rendimiento metano para estiércol de un rebaño ganadero _____ *84*

*Tabla 10. Producción de biogas*_____ *86*

Tabla 11: Equivalencias del biogás _____ *87*

Tabla 12. Composición del Bioabono MS _____ *88*

Tabla 13: Comparación de componentes nutricionales en Efluentes _____ *90*

*Tabla 14. Parámetros evaluados luego de digestión anaeróbica en lodos*_____ *91*

Tabla 15: Conductividad Hidráulica _____ *104*

Tabla 16: Características más comunes de las plantas emergentes usadas en los humedales artificiales _____ *108*

Tabla 17: Condiciones deseables durante el proceso de compostaje _____ *114*

*Tabla 18. Clasificación taxonómica de la lombriz*_____ *120*

Tabla 19. Parámetros que afectan la producción de humus _____ *122*

*Tabla 20: Nitrógeno inicial y final en muestras de suelos*_____ *171*

Tabla 21: Resultados de lixiviación de Nitrógeno _____ *171*

*Tabla 22: Nitrógeno inicial y final en muestras de suelos*_____ *181*

Tabla 23: Resultados de lixiviación de Nitrógeno en columnas de suelos_____ 181

Tabla 24. Factores que determinan la producción de purines en el feedlot_____ 183

Tabla 25. Producción total de fecas y orina por corral y feedlot _____ 184

Tabla 26: Proporción de depósito del purín_____ 184

Tabla 27: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona _ 185

Tabla 28: Producción diaria de purines_____ 187

Tabla 29: Producción diaria de purines con lluvia fuerte _____ 188

Tabla 30: Producción diaria de purines con lluvia normal. _____ 189

Tabla 31: Producción diaria de purines con lluvia fuerte _____ 189

Tabla 32: Producción de purines al pozo con lluvia normal _____ 191

Tabla 33: Producción de purines al pozo con lluvia fuerte _____ 191

Tabla 34: Producción total de fecas y orina total del feedlot (MV) al día _____ 192

Tabla 35: Producción de purines para un día normal_____ 192

Tabla 36: Producción de purines para un día de lluvia fuerte_____ 193

Tabla 37: Producción anual de nutrientes proveniente de purines y su valor económico _____ 194

Tabla 38: Demanda de nitrógeno de los cultivos del predio_____ 195

Tabla 39: Balance de la fertilización nitrogenada_____ 195

Tabla 40: Resultados de lixiviación de nitrógeno _____ 198

Tabla 41: Límites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas _____ 198

Tabla 42: Producción de fracción de purín seco _____ 200

Tabla 43. Factores que determinan la producción de purines en el feedlot_____ 207

Tabla 44. Producción total de fecas y orina por corral y total del feedlot, en MV y MS al día _____ 208

Tabla 45. Proporción de depósito del purín _____ 208

Tabla 46: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona _ 209

Tabla 47: Producción diaria de purines con lluvia normal ____ *212*

Tabla 48: Producción diaria de purines con lluvia fuerte ____ *213*

Tabla 49: Producción diaria de purines con lluvia normal ____ *214*

Tabla 50: Producción diaria de purines con lluvia fuerte ____ *214*

Tabla 51: Sistemas de tratamiento y volúmenes ____ *216*

Tabla 52: Producción de purines total ____ *217*

Tabla 53. Factores que determinan la producción de purines en el feedlot ____ *222*

Tabla 54. Producción total de fecas y orina por corral y total del feedlot ____ *223*

Tabla 55: Proporción de depósito del purín ____ *223*

Tabla 56: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona _ *224*

Tabla 57: Producción diaria de purines ____ *226*

Tabla 58: Producción diaria de purines con lluvia fuerte ____ *227*

Tabla 59: Producción diaria de purines ____ *228*

Tabla 60: Producción diaria de purines con lluvia fuerte ____ *229*

Tabla 61. Producción anual de nutrientes proveniente de purines y su valor económico ____ *231*

Tabla 62: Demanda de nitrógeno de los cultivos del predio ____ *232*

Tabla 63. Balance de la fertilización nitrogenada ____ *232*

Tabla 64. Producción anual de nutrientes utilizables proveniente de purines y su valor económico ____ *235*

Tabla 65. Resultados de percolación de nitratos y amonio en columnas de suelo _ *235*

Tabla 66. Límites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas ____ *236*

Tabla 67: Producción de purines total anual ____ *237*

Tabla 68: Producción de purines en sistema de tratamientos ____ *239*

Indice de Figuras

Figura 1: Niveles pertinentes al problema del diseño predial y variables correspondientes a cada nivel _____ *27*

Figura 2: Ciclo biológico de nutrientes _____ *28*

Figura 3. Esquema general de un Ciclo Biogeoquímico _____ *32*

Figura 4: Ciclo biológico del Fósforo _____ *33*

Figura 5: Metodología de Análisis Predial _____ *36*

Figura 6: Fuerzas participantes en el desarrollo sustentable _____ *37*

Figura 7: Esquema de interrelaciones de dominios en el paisaje _____ *38*

Figura 8. Modelo de Utilización de purines y ciclo biogeoquímico _____ *40*

Figura 9. Contribución de los distintos componentes que conforman los purines y que entrarían al pozo de almacenamiento _____ *41*

Figura 10. Formas del nitrógeno posterior a la aplicación al suelo de los purines _ *50*

Figura 11. Sistemas de aplicación de purines _____ *53*

Figura 12. Etapas del manejo de purines donde es probable la pérdida de nutrientes, especialmente NH_3, a través de la volatilización _____ *64*

Figura 13. Volatilización de amoniaco (NH_3) desde un potrero _____ *66*

*Figura 14: Implicancias de la digestión anaeróbica en el sistema*_____ *74*

Figura 15: Sistema agrícola integrado _____ *75*

Fig. 16: Esquema de reacciones de la digestión anaerobia de materiales poliméricos _____ *77*

Figura 17: Influencia de la temperatura sobre la producción de biogás. _____ *80*

Figura 18. Zona de formación de wetlands naturales en el paisaje _____ *97*

*Figura 19: Procesos de depuración de los humedales artificiales*_____ *99*

Figura 20: Compostaje _____ *110*

*Figura 21: Fases de un proceso de composteo*_____ *111*

Figura 22. Sistemas de recolección _____ *130*

Figura 23: Sistema de gravedad _____ *131*

*Figura 24: Sistema de golpe de agua*_____ *132*

*Figura 25: Manejo de purines con separador por tornillo*_____ *136*

Figura 26. Esquema de columna de suelo y sistema de drenaje _____ *144*

*Figura 27: Diagrama de pozos de almacenamiento*_____ *201*

*Figura 28: Mecanismo de recolección de purines propuesto*_____ *205*

*Figura 29: Mecanismo de recolección de purines propuesto*_____ *220*

Figura 30: Mecanismo de recolección de purines propuesto. _____ *242*

*Figura 31: Ejemplo de parte frontal de Ficha Purinera.*_____ *245*

Figura 32. Parte posterior Ficha Purinera _____ *246*

Indice de Cuadros

Cuadro 1: Características generales de los elementos estructurales del paisaje ___ 24

Cuadro 2: Componentes del biogás en función del sustrato _____ 85

Cuadro 3. Tejidos vegetales y función según profundidad en el agua_____ 103

Cuadro 4: Composición nutritiva del humus de lombriz _____ 125

Indice de Fotos

Foto 1: Sistema Wetland empleado en un rebaño lechero ____ *106*

Foto 2: Golpe de agua ____ *132*

Foto 3 y 4: Manejo de purines en seco por medio de tracción y pala mecánica ____ *133*

Foto 5: Separador por tornillo ____ *134*

Foto 6: Separador estático ____ *137*

Foto 7: Erosión en corrales de engorda ____ *167*

Foto 8: Pozo purinero no funcional ____ *168*

Foto 9: Estiércol acumulado en corrales ____ *169*

Foto 10. Escurrimiento de purines fuera del corral ____ *173*

Foto 11. Cañerías de recolección de purines ____ *174*

Foto 12: Sitio para el tratamiento de purines ____ *174*

Foto 13: Suelo corrales ____ *177*

Foto 14: Erosión en corrales con pendientes del 12% ____ *178*

Foto 15: Acumulación de fracción sólida de purines en corrales ____ *199*

Foto 16: Acumulación de purines en corrales ____ *219*

Foto 17: Sector techado del corral ____ *227*

Foto 18: Formación de costras en la superficie del pozo ____ *240*

Introducción

A comienzos de la década de los 90 el Estado Chileno entendió que el tema de los recursos naturales en nuestro país era algo que tenía una gran relevancia y que no presentaba un mayor marco regulatorio. Paradójicamente y gracias a la contaminación ambiental, se redactó la Ley 19.300 que creaba sistemas de evaluación del medio ambiente y normas para su eficiente regulación.

El gran crecimiento urbano, la industrialización y la intensificación de los cultivos, ganadería y forestación, fueron agentes causales directos de la contaminación a cursos de agua (subterránea y superficial), suelo y atmósfera. Dentro del sector agrícola, el mayor problema se registraba con el uso de fertilizantes inorgánicos en todo tipo de cultivos provocando el consecuente daño a la salud poblacional de la zona.

En lo que respecta al sector pecuario, Chile presenta una masa ganadera bovina que alcanza aproximadamente los 4,1 millones de cabezas (INE, 2003 citado en INIA, 2005). La concentración de ganado se localiza preferentemente en la Zona Sur, donde el sistema de producción, en su mayoría, está basado en la utilización de praderas. Más al Norte en las cercanías de la Zona Central, los sistemas de engorda en confinamiento o feedlots, se presentan con mayor frecuencia que el sistema pastoril.

Ambos sistemas de producción bovina presentan importantes problemas de contaminación ambiental. Nuevamente los afectados son los recursos hídricos, edáficos y atmosféricos. Respecto a la producción de carne a pastoreo, la alta cantidad de nutrientes aportados al suelo (ya sea por fertilización o fecas), la contaminación de aguas por nitrógeno y fósforo, además de la volatilización de elementos contaminantes de purines, afectan permanentemente el ecosistema en el que se encuentra inserto dicho sistema productivo. Por otro lado, en sistemas de estabulación intensiva (feedlots) existe la contaminación por metano y otros gases con efecto invernadero a la atmósfera. Este tipo de sistema representa un foco puntual de contaminación cuando no existe un manejo adecuado de purines.

El mayor problema contaminante presente en los sistemas feedlot radica en la alta concentración de animales por área, lo cual conlleva una alta descarga de material orgánico en canales de regadíos (naturales o artificiales), escurrimiento de nutrientes, utilización de aguas limpias para lavados de corrales, alta volatilización y lixiviación nitrogenada.

Tanto en el sector lechero como engorda intensiva (feedlot), la producción diaria de desechos es un problema no menor. Se tiene conocimiento que los rangos de producción de purines al día por animal (en este caso sólo orina + fecas, sin considerar aguas de lavados) se encuentra entre 25 l (novillos de carne) y 60 l (lecherías). Por ejemplo, si un productor mediano tiene alrededor de 300 novillos, al día se producirán cerca de 7500 l de purines, el cual es un valor no despreciable. A causa de esto, los problemas de percolación, volatilización y descargas de dichos residuos orgánicos, requieren de una gestión acorde al Manejo Sustentable del predio en general.

El estiércol, como tal, es un elemento fertilizador de características minerales deseadas para un cultivo determinado. Esto se debe al adecuado balance de P, K, Ca, Mg, Na, S, micronutrientes y otros minerales esenciales y no esenciales presentes en el estiércol bovino (Eck y Stewart, 1995).

Un denominador común observado en la mayoría de los productores ganaderos, es la falta de conocimiento de las enmiendas orgánicas que están aplicando en sus terrenos agrícolas. Este desconocimiento puede llegar a provocar importantes desbalances ecológicos a escala predial. El N es uno de los principales agentes contaminantes, ya que al presentar una movilidad en el suelo puede alcanzar cursos de aguas naturales y subterráneas. El exceso en la aplicación de estiércol, y por ende de nitrógeno, puede causar efectos tóxicos en cultivos destinados a la alimentación animal. Por otro lado, el fósforo también presenta problemas de contaminación, ya que es el elemento causante de la eutroficación en sistemas acuáticos, debido al arrastre superficial dentro de corrales, cultivos y pasillos.

Los problemas mencionados anteriormente son simples ejemplos de los inconvenientes que se pueden presentar dentro de un predio de engorda de alta producción (feedlot). Una de las principales causas de estos desbalances ambientales se debe a la falta de visión global de un determinado sistema predial. El análisis de los componentes del rebaño ha sido enfocado preferentemente a la maximización de los servicios económicos, dejando de lado su dimensión holística la cual incluye además servicios ecológicos y sociales.

En el ámbito nacional, se hace necesaria la implementación de políticas públicas que permitan un desarrollo territorial compatible con los sistemas de alta producción, ya que sin el apoyo del sector público y sin una motivación y voluntad del sector privado, será difícil lograr algún grado de orden en el diseño de sistemas sustentables.

La siguiente investigación pretende entregar nociones de una adecuada gestión en torno al manejo de purines en feedlots de producción de carne. El estudio está basado en el análisis de tres casos de predios ganaderos ubicados en la zona de Huelquén, Cañete y Leyda.

Objetivos

Objetivo General

? Estudiar y analizar el manejo de purines en la producción de carne bovina y establecer soluciones sustentables para el manejo de purines para predios ganaderos de producción de carne intensiva (feedlots).

Objetivos específicos

? Entregar una revisión de las soluciones posibles y actuales que existen en nuestro país en torno al manejo de residuos orgánicos en ganadería bovina.
? Caracterizar las características del purín producido en predios de engorda bovina en confinamiento.
? Integrar las bases del ordenamiento territorial junto a la normativa legal vigente para el diseño de soluciones ambientales prediales.
? Elaborar una ficha de caracterización predial y una de manejo de purines.

Hipótesis

"Existe una solución sustentable en el tiempo y en el espacio para el manejo de purines, determinada por las variables características y particulares de cada predio"

Ordenamiento Territorial

Bases Teóricas

Para lograr ordenar un predio tanto productivo como no productivo se debe tener en consideración una serie de definiciones y conceptos claros antes de tomar cualquier decisión. Los siguientes conceptos entregados a continuación son, a juicio de los autores, de especial relevancia a la hora de realizar alguna intervención sobre el territorio.

Cultura: Es el modo de relacionarse con el mundo. Conjunto de modos de vida y costumbres, conocimientos y grado de desarrollo artístico, científico, industrial, en una época, grupo social, etc. (Gastó, 2006).

Territorio: El territorio es el ámbito en que uno se mueve cotidianamente, se idéntica, se reconstruye y recrean las personas del cual se sienten parte (Montoya *et al;* 2003). Para los esquimales el territorio es vida. Su noción de territorio deriva de la costumbre que se refiere a los lazos afectivos que mantienen con la tierra. En este orden, la tierra es el lugar de su cultura (Holzer, 1998 citado en Montoya *et al;* 2003).

Predio: Es la unidad de manejo y trabajo y manejo de los productores rurales de una zona dada. Es un espacio de recursos naturales conectados internamente y limitado externamente, cuyo fin es hacer agricultura. Es la unidad administrativa privada de organización del municipio. La constituyen propiedades, empresas y estilos de vida donde se hace agricultura, utilizándose los recursos naturales y aplicándose tecnologías de las más variadas tipologías (Gastó *et al*; 1993).

Holismo: Doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen (RAE, 2006).

Ordenación: Principios que establecen las bases para poner en orden, concierto y buena disposición las cosas encaminadas o dirigidas a un fin (Gastó, 2006).

Sustentabilidad: Satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer las de las generaciones futuras para resolver las suyas (INCA, 2006). Lograr alcanzar un cierto grado de armonía entre los servicios económicos, sociales y ecológicos. Estos consisten en flujos de energía, material e información desde un stock de capital natural que, combinado con servicios de capital manufacturado y humano, producen bienestar

humano, tales como alimento, ciclaje de nutrientes, regulación de gases y abastecimiento de agua (Constanza *et al*, 1997*;* citado por Gastó *et al;* 2006).

Principio holocenósico: Cada una de los factores o causas en el ecosistema tiene un efecto individual, pero el efecto simultáneo de todos ellos es diferente que la suma de los efectos de cada uno actuando separadamente (Gastó, 2006).

Uso Múltiple: Es el manejo de todos los recursos renovables superficiales de las áreas naturales, de manera de ser utilizados en la combinación de usos que mejor se ajusten a las necesidades de la población; haciendo el uso más juicioso de la tierra para alguno o todos los recursos o servicios relativos a áreas relativamente grandes para proporcionar suficiente amplitud de ajustes periódicos en el uso para adecuarse a las necesidades y condiciones cambiantes; de manera de utilizar algunas tierras para menos que todos los recursos entre sí, sin dañar la productividad de la tierra, teniendo en cuenta el valor relativo de los variados recursos y no necesariamente la combinación de usos que produce más retorno monetario o la mayor productividad monetaria (Gastó, 2006).

Orden: Condición en la que cada cosa está dispuesta de manera de poder desempeñar el papel que le corresponde en un determinado contexto (D'Angelo, 2002).

Paisaje Cultural: Lo que queda después de que el humano haya actuado sobre el territorio (Bolos, 1992 mencionado por Gastó y Vieli, 2006).

Ordenamiento Territorial: Es la proyección en el espacio de las políticas sociales, culturales, ambientales y económicas de una sociedad. Por lo tanto, el estilo de desarrollo determina el modelo territorial, reflejo de los cambios de valores y culturales en la evolución de la sociedad (Gómez, 1994). Ordenar el territorio no implica tan sólo una óptima organización del espacio, sino que además se debe vincular las actividades antrópicas al territorio. Éste proceso se realiza al incluir el territorio en la definición de estrategias de desarrollo y cuando se asocian a éste las actividades que forman parte de dicha estrategia. Por lo tanto, la ordenación territorial es un proceso que está determinado o diseñado por un conjunto de planes de planificación territorial, y por regulaciones sectoriales que tienen incidencia en el territorio (Urrutia, 1997).

El origen de la ordenación del territorio, responde a una necesidad de integrar en la planificación territorial variables sociales, económicas y físicas, con el objetivo de establecer una estructura espacial acorde al desarrollo eficaz y cualitativo que implica una política de desarrollo sustentable.

Anatomía Predial de un Sistema de Engorda Bovina

Dentro de un sistema predial en general se pueden encontrar diferentes regiones o zonas con funciones propias dentro del predio. Manejos como la alimentación y su almacenamiento, uso y cuidado del agua, producción silvoagropecuaria y protección ambiental, entre otras, son actividades cotidianas que son estructuradas para un mejor control y correcto funcionamiento.

En lo que respecta a la producción ganadera bovina se encuentran ciertos puntos comunes en los manejos previamente mencionados. La alimentación se cultiva en el mismo campo, llegando por lo general, a tener un 50% de la dieta producida en el mismo predio. Galpones de almacenamiento, corrales, caminos y manejo de desechos orgánicos son elementos presentes obligadamente en un sistema de engorda bovina.

Para tener un mayor orden y claridad en el breve análisis de estos componentes, se entregarán los conceptos de los elementos espaciales Matriz de fondo, Parche y Corredor (Gastó, 2006).

- Matriz de fondo: es el espacio contenido dentro del espacio predial con sus variables físicas, tecnológicas y tipo de uso del mosaico caracterizado por su alta conectividad y control de la dinámica del sistema.
- Parche: es un área no lineal y relativamente homogénea, insertada en la matriz de fondo, que difiere de su alrededor.
- Corredor: es una faja del territorio que difiere de su alrededor, la cual cumple funciones de conductor, conector, barrera, hábitat y nicho.

Según D'Angelo (2002) los paisajes cultivados son aquellos en los que predominan las actividades agropecuarias; por lo general se disponen en mosaicos en los que también hay parches habitacionales y de paisajes manejados. Una característica notable de los paisajes cultivados es su geometrización creciente y el predominio de parches y corredores. La matriz original experimenta una reducción de su conectividad constituyendo parches aislados. También aumenta la complejidad del sistema de corredores por la proliferación de vías de comunicación, canales, setos vivos, etc.

La mención anterior va al explicar la clasificación en la cual se encuentra clasificada la producción de carne bovina (paisaje cultivado), ya que corresponde a una actividad agropecuaria más. Dentro de esta clasificación se encuentran las funciones y

características que poseen los elementos espaciales para un paisaje determinado cualquiera (Cuadro 1).

Cuadro 1: Características generales de los elementos estructurales del paisaje.

Elementos estructurales	Función	Tipo de flujo	Bordes	Propiedades
Corredores	Canales o líneas de flujo Barrera Filtro	Masivo Locomoción	Abrupto (Gradual)	Conductividad Selectividad
Matriz	Reservorio Amortiguador Disipador	Difusión Masivo		Conectividad Porosidad
Parche	Concentrador Reservorio	Difusión Locomoción	Gradual o abrupto	Aislador

Fuente: D'Angelo, 2002.

Desde una perspectiva estructural, el predio puede considerarse un parche a escala de paisaje, integrado a su vez por una diversidad de elementos jerárquicamente inferiores al propio predio. En un predio con metas agroproductivas, los potreros agrícolas constituyen la matriz; los caminos internos, cortinas forestales, etc. son corredores y los espacios para almacenaje, vivienda son otros tantos parches.

Matriz de fondo: engloba al sistema completo de engorda, esto es corrales, galpones, viviendas, oficinas, tratamientos de residuos y potreros para alimentación o pastoreo. La última inclusión es muy importante, ya que tiene relación con la capacidad de receptividad tecnológica del predio.
Parches: corrales, potreros, praderas, almacenamiento y sistemas de tratamientos ambientales.
Corredores: caminos, pasillos de alimentación, setos vivos, bosques aislantes, canales de recolección y acequias

Estos elementos espaciales dentro de un sistema predial de alta intensidad, como lo es la engorda de bovinos, carecen de conexión y sustentabilidad ecológica. Esto se debe principalmente al mal uso y disposición del territorio otorgado en el espacio. La alta carga orgánica presente en lugares reducidos y su mala conducción provocan una pérdida energética considerable, ya que los valores calóricos entregados al sistema son bastante altos.

El “pool” de nutrientes presentes en los residuos orgánicos producidos en la engorda es uno de los más equilibrados en términos de fertilidad nutricional. El no correcto aprovechamiento de estos minerales elaborados en el predio, hace cambiar de una posición beneficiada en relación al reciclaje de nutrientes dentro del predio, a una posición ambientalmente insostenible en el tiempo. Además, la normativa legal vigente castiga el mal uso y la contaminación provocada por los residuos orgánicos del predio.

En el caso de sistemas feedlots, la asignación del papel de los elementos depende casi exclusivamente, de la decisión humana; i.e. es externa al sistema. Por esto, en principio cabría la posibilidad de tantas ordenaciones como propósitos humanos, por lo cual, lo que significa orden para una persona puede no serlo para otra. Por el contrario, cuando se trata de ecosistemas naturales, el orden deriva del ajuste desarrollado entre el propio sistema y su entorno; en este caso, los estados posibles están restringidos por las características estructurales y funcionales de los propios sistemas involucrados. La ordenación de un ecosistema tecnonatural (feedlot) dependerá de las restricciones impuestas por la integración del ecosistema natural y de las propias decisiones humanas (D’Angelo, 1998).

Sociedad - Naturaleza

El antagonismo entre las metas humanas y las metas de la naturaleza, es una de las causas primarias de los problemas ambientales importantes que afectan al hombre contemporáneo pérdida de biodiversidad, diferentes formas de contaminación y deterioro ambiental, etc. Las consecuencias negativas de este dualismo entre el hombre y la naturaleza se manifiesta en las más diversas escalas espacio-temporales, incluyendo la propia del predio agropecuario. En efecto, fenómenos tales como la erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, desaparición de los controles naturales de las poblaciones plagas, generación de efectos indeseables sobre la calidad del agua y el aire, diferentes formas de ruptura con el paisaje (Meeus *et al*; 1988 citado por D’Angelo, 1998) son algunas de las resultantes negativas de este fenómeno.

En una versión adecuada a los problemas medioambientales se puede afirmar que es imposible presentar una descripción completa del ecosistema, teniendo como referencia solamente al propio ecosistema (Margalef, 1974 citado por Gastó *et al*; 2002). En esta forma se establece una relación entre los problemas del hombre relativos a su calidad de vida y el medio ambiente antrópico, lo cual es el metaproblema. El

medio ambiente afecta a la calidad de vida y al mismo tiempo es afectado como un subproducto de las actividades antrópicas (Gastó *et al*, 2002).

El propósito de integrar naturaleza y tecnología en el diseño predial implica aceptar la posibilidad de transformar el dualismo hombre-naturaleza en una relación monista que contemple a ambos. Ante esto, sería factible abordar el problema caso por caso considerando cada predio como un fenómeno singular e independiente de cualquier otro, o a partir de principios de diseños generales, sin dejar de reconocer lo que cada caso tiene de singular.

La situación particular e individual de cada sistema de engorda entrega datos y caracterizaciones propias y singulares de la zona y localidad en la cual se inserta este sistema artificial. La claridad al momento del diagnóstico de que se está trabajando con un sistema artificial que no se encuentra en lo natural, es de extrema importancia para la intervención y planificación territorial final. Esta visión llevará a la correcta asociación del paradigma y su correspondiente modelo de intervención por el cual se va a regir.

Paradigma

El concepto de paradigma implica una constelación de conceptos, ideas, aproximaciones y principios compartidos y usados por una comunidad científica para definir los problemas y las soluciones a investigar (Khun, 1970 citado por D'Angelo, 1998). Un paradigma también es una visión parcial del mundo, de la cual tanto cabe esperar méritos como limitaciones (D'Angelo, 1998)

En el sistema tratado de engordas bovinas y sobretodo en el manejo ambiental de los residuos orgánicos, lo que importa es lo que ocurre con el estado natural de las cosas antes de que se alcance algún grado de estado final. El paradigma asociado a estas características es el *Paradigma del NO – Equilibrio*. Este se caracteriza por no excluir la posibilidad de un estado puntual estable del predio; puede acceder a distintos estados relativamente estables; se encuentra abierto a su entorno, hasta el punto que la regulación puede ser externa al mismo y se enfatizan los procesos precedentes antes que los finales (D'Angelo, 2002).

El atender los procesos a medida que transcurren da un pié inicial para la obtención de un modelo en base a este paradigma, ya que el manejo ambiental de un sistema de alta carga orgánica necesita tener una actitud contraria al escape de

componentes energéticos que posteriormente se transforman en agentes contaminantes para el sistema natural.

El predio ganadero puede conceptualizarse como un Sistema Complejo Adaptativo (Gell-Mann, 1995 citado por D'Angelo, 2002) expuesto a periodos alternantes de estabilidad e inestabilidad. Desde una perspectiva estructural, el predio puede considerarse un parche a escala de paisaje. El problema del diseño predial involucra tres niveles jerárquicos anidados: el paisaje (nivel contextual superior), el predio (nivel focal del problema) y los subsistemas prediales (niveles constitutivos inferiores) (D'Angelo, 2002).

La elección del paradigma al cual se centra la intervención artificial, entregará el modelo de acción a seguir en el diseño predial. En la Figura 1 se pueden observar las distintas variables que se encuentran en los niveles de diseño predial al cual se quiere abordar.

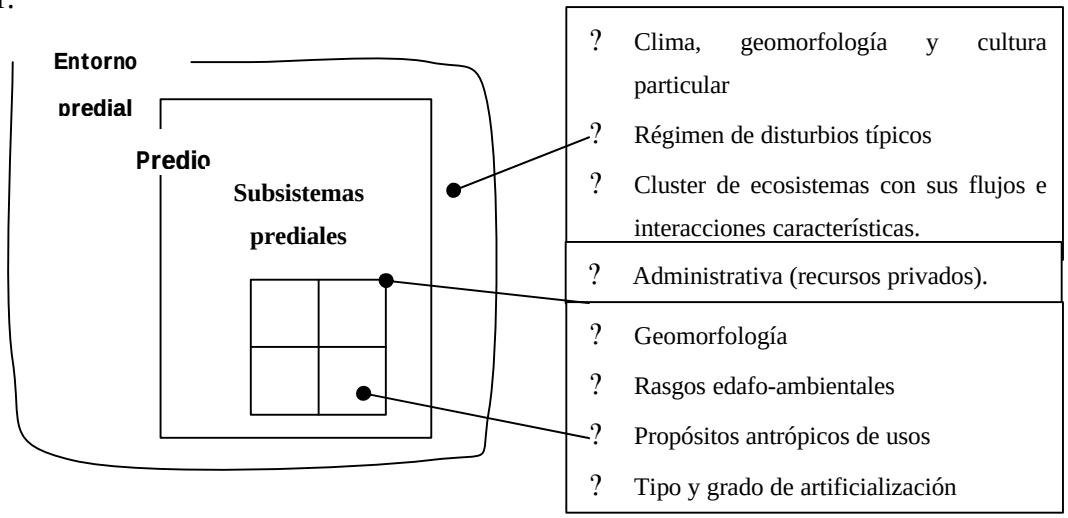


Figura 1: Niveles pertinentes al problema del diseño predial y variables correspondientes a cada nivel (D'Angelo, 2002).

Reciclaje de nutrientes

El reciclaje de nutrientes presente en la ganadería es un alto aporte en lo que respecta a la agricultura alternativa, esto es en términos económicos y ambientales, ya que permite un mejor uso de rotaciones de cultivos y el aprovechamiento de un recurso propio del predio que mantiene un ciclo cerrado sin mayor contaminación. La conversión de tierra de cultivo marginal en praderas para el pastoreo también ayuda a controlar la erosión y a reducir el escurrimiento de agua.

Los sistemas de engorda pueden contar con distintas etapas de crecimiento de los animales dentro del predio ganadero. Estas fases son crianza, recrianza y engorda. Los productores pueden contar con las tres al mismo tiempo o con solo una fase del proceso completo. Generalmente, es la etapa inicial o final la que puede realizarse de forma independiente y rentable. Las condiciones prediales de estas etapas son distintas, ya que la primera se realiza en potreros de praderas naturales o mejoradas, la segunda en praderas de mejor calidad, mientras que la tercera se realiza en sistemas de confinamiento.

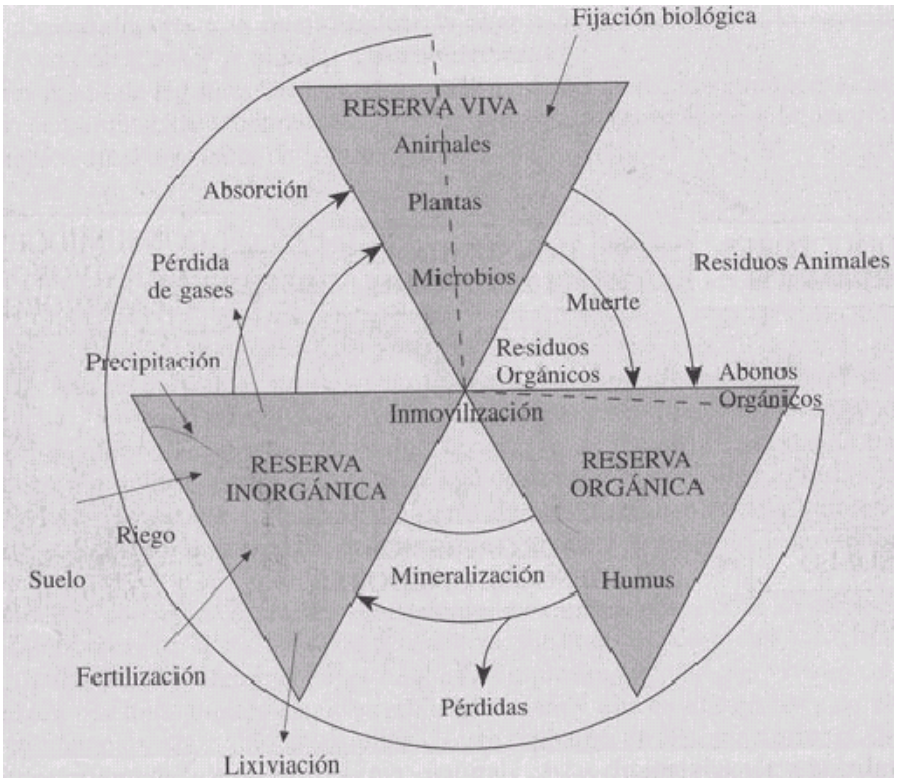


Figura 2: Ciclo biológico de nutrientes. Fuente: Arroyo, 2003.

La Figura 2 muestra el ciclo biológico de los nutrientes, desde su procedencia inicial hasta las pérdidas y destinos finales de componentes producidos por seres vivos. Es importante notar el flujo cerrado que se logra a pesar de todas las fases y pérdidas que sufre la materia prima.

El estiércol animal puede contribuir en forma significativa a suplir las necesidades de nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes. La disponibilidad total, sin embargo, dependerá del tamaño y tipo de explotación animal y los métodos utilizados para guardar y esparcir el estiércol. La mayor parte del estiércol es retornado al suelo.

Sin embargo, sus nutrientes a menudo son utilizados en forma ineficiente como resultado de un mal almacenamiento o técnicas de aplicación deficientes. Las pérdidas de nutrientes en el estiércol almacenado, debido a escurrimiento superficial, volatilización y lixiviación, pueden ser tan altas que sólo una fracción de los nutrientes originales llega a ser aplicado a los cultivos. Un transporte y esparcimiento deficientes aumentan estas pérdidas. Sin embargo, las técnicas que pueden aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes pueden resultar costosas. El costo de una aplicación adecuada, por ejemplo, puede resultar superior al costo de los nutrientes adicionales en relación a una aplicación más ineficiente. Los efectos de las técnicas de aplicación del estiércol sobre las pérdidas de nitrógeno, sin incluir las pérdidas durante el almacenamiento pueden alcanzar entre 10 y 50% dependiendo si el estiércol aplicado es sólido o líquido, o si se aplica al voleo con o sin incorporación (Martínez, 2002).

Ciclos Biogeoquímicos

El nitrógeno no es un elemento muy abundante en la tierra. Su concentración en la corteza terrestre es muy pequeña y, de hecho, el mayor depósito de este elemento es la atmósfera, donde se encuentra como nitrógeno molecular (N_2). Sin embargo, es un nutriente esencial para todas las formas de vida, debido a que es uno de los elementos que constituyen los ácidos nucleicos y las proteínas.

Los seres humanos, como todos los demás animales, no podemos sintetizar proteínas utilizando nitrógeno orgánico –nitrógeno atmosférico (N_2), iones amonio (NH^-_4) o nitrato (NO^-_3)-, por lo que la única fuente de nitrógeno asimilable que tenemos son los alimentos. Este aporte es insustituible y necesitamos una cantidad mínima en forma de proteínas animales y vegetales para una alimentación adecuada. Las plantas, en cambio, sí que pueden sintetizar estas moléculas a partir de nitrógeno accesible por loa animales. Pero las plantas, en general, no pueden utilizar el nitrógeno molecular del aire para este fin: sólo pueden utilizar el nitrógeno fijado como iones amonio o nitratos. Solo ciertas algas y bacterias, junto a los rayos o relámpagos, son capaces de transformar químicamente o de fijar el nitrógeno molecular de formas que pueden ser asimiladas por las plantas. Por esto, el nitrógeno pese a ser un componente relativamente minoritario de la materia viva, es un nutriente limitante en muchos sistemas, de ahí la importancia de su aprovechamiento o reciclaje de una forma eficiente. (Sapiña, 2006).

El nitrógeno es uno de los elementos principales en la fertilización de los cultivos, debido a las características fisiológicas de las especies de alta producción. Este elemento también tiene importancia de orden ambiental, ya que la contaminación a cauces de aguas superficiales o subterráneas son muy probables bajo un mal uso de fertilizantes o aplicaciones de estiércol excesivas. Dentro del ciclo del nitrógeno, la rizósfera juega un rol fundamental en el aprovechamiento del nitrógeno por las plantas. El término rizósfera se utiliza para describir la zona del suelo afectada por el desarrollo de las raíces, donde proliferan gran número y diversidad de microorganismos. Las actividades metabólicas de tales poblaciones estimuladas, tanto desde el punto de vista cuali como cuantitativo, en la rizósfera son de vital importancia para el desarrollo de las plantas. El incremento de actividad microbiana en la rizósfera, ejercido por el suministro de compuestos orgánicos que aportan los exudados radicales y otros materiales, en general, residuos vegetales o microbianos, recibe el nombre de efecto rizosférico (Sampedro, 2005). A pesar de su pequeño volumen en el suelo, los microorganismos juegan un papel clave en el ciclado de nitrógeno, azufre y fósforo, y en la descomposición de residuos orgánicos. De este modo, afectan el ciclado de nutrientes y carbono en una escala global (Pankhurst et al, 1995, citado por Sampedro, 2005).

Desde el punto de vista de sus relaciones con la planta los microorganismos del suelo, fundamentalmente bacterias y hongos, se dividen en tres grandes grupos:

1.- *Saprófitos*, que utilizan compuestos orgánicos procedentes de residuos animales, vegetales o microbianos
2.- *Simbiontes parasíticos* o patógenos, causantes de enfermedades a las plantas
3.- *Simbiontes mutualistas* o simplemente “simbiontes”, como se les denomina en la literatura científica, los cuales benefician el desarrollo y nutrición vegetal.

Las acciones que desarrollan los microorganismos beneficiosos en la rizosfera pueden concretarse en:

- Estimulación de la germinación de las semillas y mejora del enraizamiento basada en la producción por los microorganismos (fitoestimuladores) de hormonas, vitaminas y otras sustancias.
- Incremento en el suministro/disponibilidad de nutrientes mediante la intervención de los microorganismos (biofertilizantes) en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes

- Mejora en la estructura del suelo como consecuencia de la contribución microbiana en la formación de agregados estables (mejoradores de agroecosistemas).
- Incremento de la resistencia/tolerancia a salinidad, sequía, degradación de sistemas, etc. (mejoradores ecofisiológicos)
- Desarrollo de fenómenos de antagonismo microbio-microbio (biopesticidas, agentes de control biológico de patógenos)
- Eliminación de productos o residuos xenobióticos (biorremediadores)

El papel de los microorganismos en el mantenimiento de los ecosistemas es vital importancia, ya que son los responsables del reciclaje de la materia, en los ciclos biogeoquímicos, todos los ecosistemas terrestres y acuáticos dependen de los microorganismos para sostener sus requerimientos nutricionales (Piña, 2006).

Debido a las diferentes situaciones bajo las cuales están sometidos los elementos, se establecen ciclos biológicos. Un ciclo biológico abarca todas las posibles vías que un elemento puede seguir en la naturaleza aunque no obligatoriamente todas las etapas deben cumplirse en un ecosistema dado. Así, la nitrificación de sales amoniacales puede detenerse por falta de oxígeno, el pH puede limitar la entrada de N_2 a la tierra por fijación biológica y la solubilización de fosfatos puede inhibirse por escasa actividad biológica. Los microorganismos cuando actúan sobre la materia orgánica y mineral lo hacen con el propósito de obtener energía y subunidades para sus macromoléculas (Frioni, 1999).

Es importante destacar que las emisiones productos de recursos, como el estiércol en el caso de la producción de carne, pueden ser nocivas para el medio ambiente, provocando por ejemplo, problemas higiénicos o eutroficación. La manipulación en la biosfera de algunos elementos, catalizan procesos biogeoquímicos que podrían sobrecargar la capacidad del ecosistema para adaptarse progresivamente en términos evolutivos. A medida que las cantidades de materiales utilizadas aumentan a ritmo exponencial, las interferencias antropogénicas en los procesos biogeoquímicos naturales son cada vez más significativas (Fischer-Kowalski y Haberl, 1998). Como demuestran Ayres y Simonis (1994), citados por Fischer-Kowalski y Haberl, (1998), por ejemplo, la cantidad de carbono, nitrógeno, sulfuro y fósforo movilizado por el metabolismo social de las sociedades industriales es entre el 5% y varios cientos porcentuales superior al de los procesos naturales. Si bien se conocen los problemas de contaminación hace mucho tiempo, los efectos a largo plazo como el cambio climático

y el agujero de la capa de ozono son consecuencias recientes de un metabolismo social ampliado a gran escala.

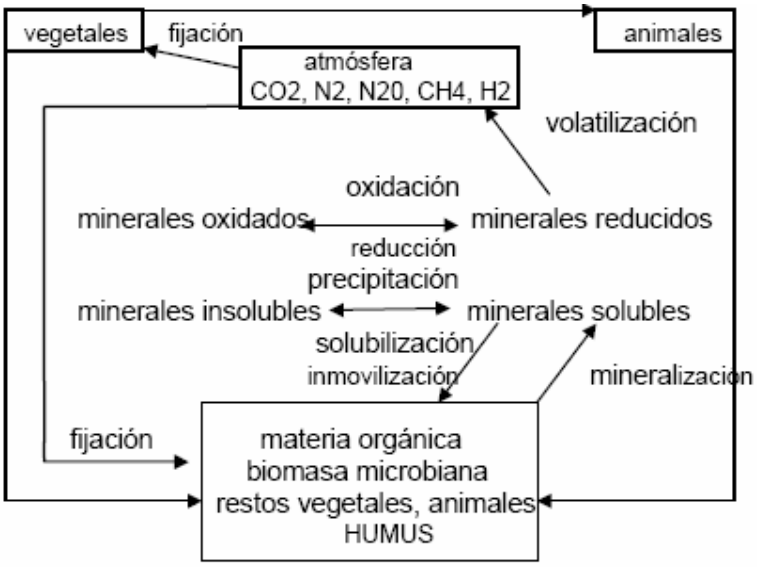


Figura 3. Esquema general de un Ciclo Biogeoquímico. Fuente: Frioni, 1999.

Otro elemento importante es el fósforo, el cual no presenta movilidad como el nitrógeno, pero puede llegar a producir contaminación del mismo grado o mayor que el nitrógeno. La eutroficación que se produce una vez que se deposita este elemento en fondos marinos es el mayor riesgo que se tiene al no manejar de forma correcta la fertilización fosforada. El control a ejercer en este elemento es la disminución del escurrimiento superficial hacia aguas continentales superficiales y subterráneas, mientras que para el nitrógeno es el de lixiviación de nitratos.

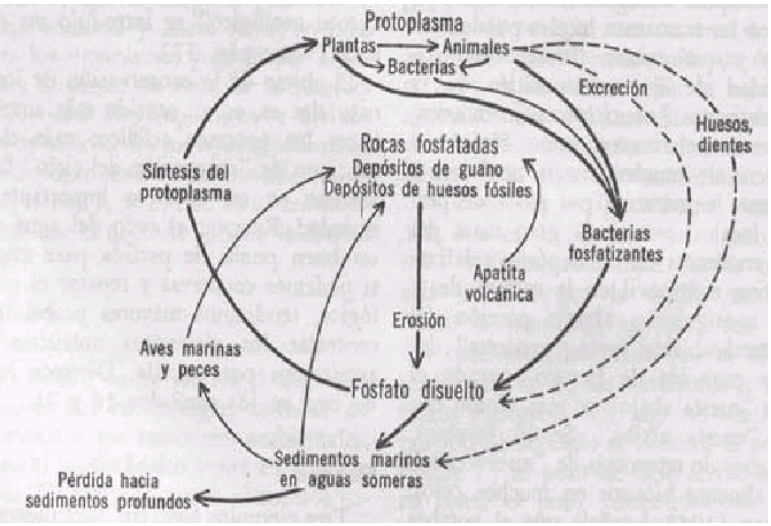


Figura 4: Ciclo biológico del Fósforo. Fuente: Arroyo, 2003.

Orden

¿Qué ordenar?

Se debe definir claramente lo que se quiere hacer. Cuales son las metas de los análisis realizados. Llegar con el terreno al territorio, poder obtener una visión holística de los fenómenos que interactúan en el mismo sistema predial y con las leyes de dicho predio.

¿Por qué ordenar el territorio?

La respuesta se puede individuar en la solución de los problemas derivados a una mala planificación medio ambiental empezando por la reanimación de paisajes agonizantes hasta el diseño de obras nuevas sobre territorio virgen (Zaffaroni, 2005).

El territorio abarca un contexto cultural, corresponde a la naturaleza dominada y cultivada. Al clasificar el territorio se están satisfaciendo las distintas necesidades de los seres vivos y de la naturaleza en el tiempo (Spielmann, 2002).

El predio puede conceptualizarse como un Sistema Complejo Adaptativo (Modelo del Paradigma del No - equilibrio) expuesto a periodos alternantes de estabilidad e inestabilidad. Desde una perspectiva estructural, el predio puede considerarse un parche a escala de paisaje, integrado a su vez por una diversidad de

elementos jerárquicamente inferiores al propio predio. En predios con meta agroproductiva, los potreros agrícolas constituyen la matriz; los cambios internos, cortinas forestales, etc. son corredores; y los espacios para almacenaje, viviendas, etc. son otros parches (D'Angelo, 2002).

En predios ganaderos (a los cuales se aboca este estudio), el grado de inestabilidad presente sé grafica en hechos como: erosión, contaminación de aguas profundas y superficiales, monocultivos, labranzas excesivas e intensificación de la producción animal. Estos componentes hacen del predio un constante flujo y almacenamiento de energía en sectores como los de confinamiento y praderas.

La ordenación del predio a distintos niveles y subfases prediales lleva a manejar la energía como un flujo de circuito cerrado y renovado, el cual permita hacer del predio un sistema autónomo, ordenado y sin pérdidas energéticas traducidas en desequilibrios ambientales.

¿Dónde ordenar?

El "donde" ejecutar la obra no tiene una importancia menor a los análisis anteriores. Una porción de tierra defiere de las otras por características químicas, físicas y geomorfológicas que la llevan a ser más o menos adecuada en acoger la obra. En este ámbito un aspecto fundamental es la evaluación del grado de tecnología que un lugar puede soportar. Superar este límite lleva en el tiempo al fracaso del proyecto entero (Zaffaroni, 2005).

Actualmente los altos *inputs* aplicados en lugares con una alta carga productiva están produciendo un desbalance ecológico de grandes proporciones, pero de lento actuar. La erosión producida por la alta acumulación de energía que es liberada de forma potente y repentina, es un claro ejemplo del mal manejo de los ingresos realizados al sistema sin un previo ordenamiento o cuestionamiento a tales decisiones.

¿Cómo ordenar?

Una vez respondidas las interrogantes anteriores se piensa en el "como" de la planificación. Muchas veces los proyectos parten por la mitad del desarrollo y siguen con la parte final saltándose de un lado hacia otro el orden lógico del desarrollo de cualquier proyecto determinado. Ir haciendo las cosas *"en el camino"* es una forma habitual de establecer y concretar dichos proyectos o estudios. Es por esto que se plantea la Metodología de Análisis, Diseño y Planificación Predial desarrollada por Juan Gastó, la cual consiste de tres etapas fundamentales: caracterización, diagnóstico y diseño predial. Esta será detallada y explicada más adelante con mayor profundidad.

Es de suma importancia tener en cuenta que está metodología puede ser modificada de acuerdo a las necesidades del dueño del predio y también de acuerdo a las características propias del *paisaje*. Estas modificaciones pueden ir desde la supresión de cartas o unidades de estudio hasta la inclusión de parámetros de medición en tablas y códigos de formularios.

Estas adaptaciones se deben a que los paisajes son una asociación característica de patrones estructurales, funcionales y temporales, derivados de la interacción entre los factores formadores actuando en circunstancias y condiciones específicas de tiempo y espacio (Etter, 1990 mencionado por D'Angelo, 2002).

La realidad e historia particular que presenta cada sistema predial permite obtener soluciones y planteamientos únicos en lo que respecta al manejo medio ambiental. Esto no quiere decir que el resto de los manejos sean comunes o estándares, sino más bien conocidos en torno al comportamiento predial una vez presentado el manejo medio ambiental. Es por esto que se pretende proponer el manejo medio ambiental de un rebaño ganadero como uno de los pilares fundamentales al cual debe pertenecer el resto de los componentes del desarrollo predial animal.

El lugar elegido para algún propósito productivo presenta ciertas características que van a ser limitantes para algunos manejos y beneficiosos para otros. El potencial natural o intrínseco del predio debe ser a lo menos maximizado o mantenido, pero en ningún momento disminuido. El respetar las corrientes naturales de aquellos lugares no debe ser un factor limitante ni un punto en cuestión a la hora de planificar y ordenar el territorio predial con fines productivos.

La Metodología de Análisis, Diseño y Planificación Territorial[1] utilizada en los estudios de casos realizados en el presente informe, se explicará detalladamente en el capítulo de Materiales y Métodos de este documento.

Los procesos en los cuales se basa la Planificación territorial son resumidos en la figura 5.

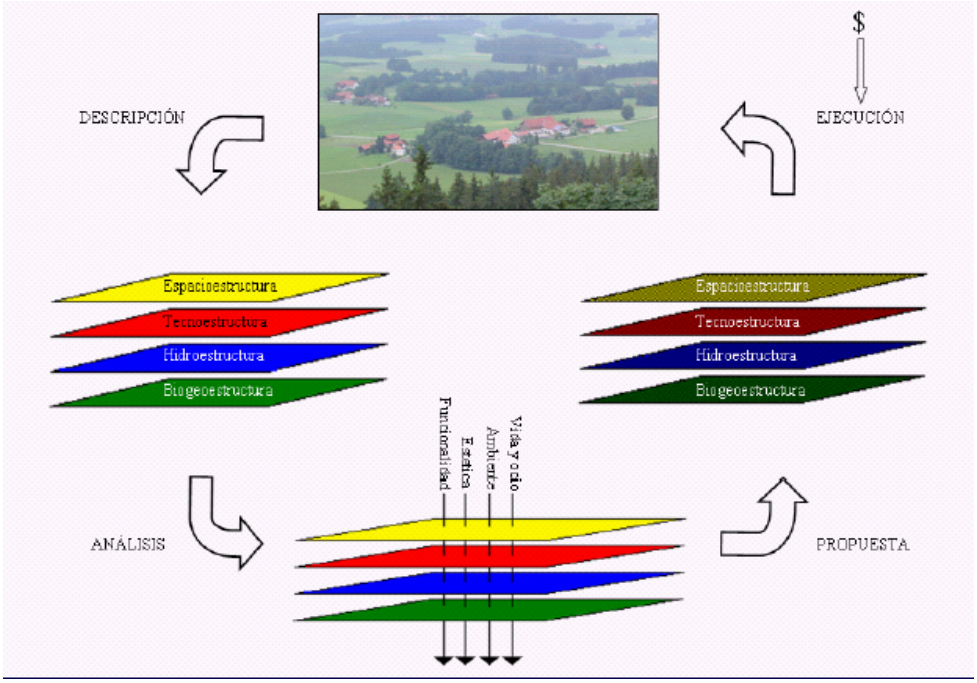


Figura 5: Metodología de Análisis Predial (Gastó y Vieli, 2006).

La figura anterior explica los pasos a seguir durante el estudio y los productos obtenidos y utilizados en cada una de estas etapas. El análisis realizado al predio comprende cuatros visiones que actúan de forma transversal a los componentes prediales sobre los cuales se va a actuar. Estas visiones son: funcionalidad, estética, ambiente y vida - ocio.

En sistemas de alta producción, generalmente, estas cuatro visiones giran en un solo sentido: el margen neto económico. Sin embargo, hoy en día no se puede negar la existencia de una mayor atención respecto a temas ambientales o recreacionales, los cuales están siendo tema dentro de la construcción de políticas públicas y decretos legales a nivel nacional.

El espíritu, diversidad y forma natural del lugar es parte de una visión estética y ordenada. Mientras que la funcionalidad va a estar ajustada a la operatividad de la

[1] Verlinde, 2002.

gestión (Gastó, 2006). La dimensión vital y de ocio está ligada al descanso, recreación y aburrimiento dentro del trabajo cotidiano.

Recopilando todo lo descrito anteriormente, se obtienen las bases que fundamentan la aplicación de las tres fuerzas comprendidas en el concepto del desarrollo sustentable:

- Crecimiento Económico
- Ambientalmente Amigable
- Socialmente Justo

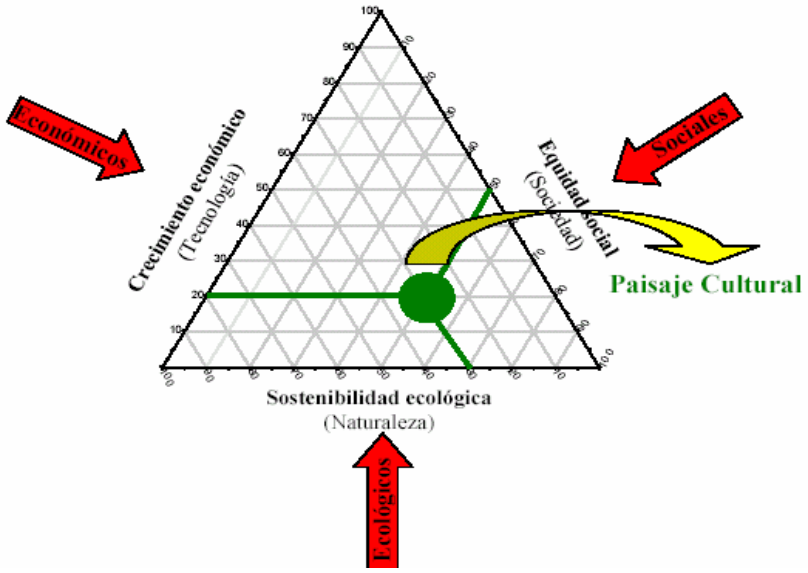


Figura 6: Fuerzas participantes en el desarrollo sustentable. Fuente: Gastó *et al*, 2006

La transacción de servicios ecológicos, económicos y sociales permiten la obtención del punto óptimo de intervención antrópica en el territorio. Esta optimización se sustenta en estudios, planificaciones y necesidades tanto del actor social como del medio natural en el cual se encuentra inserto. Este punto optimizado va a ser diferente para cada predio, parque, hogar o cualquier lugar al cual se le desee realizar algún tipo de manejo o intervención. La resultante obtenida (paisaje cultural) se encontrará en equilibrio con el ecosistema y no romperá ningún límite o curso natural presente históricamente en dicho lugar. Según Van Manswelt y Stobbelaar (1995) para lograr este tipo de intervenciones (manejos) no se debe traspasar ciertos límites explicados en la siguiente figura.

Figura 7: Esquema de interrelaciones de dominios en el paisaje.

Fuente: Gastó *et al*, 2006

Los límites impuestos por el dominio cultural y dominio natural son esenciales a la hora de realizar algún tipo de actividad productiva en un sistema natural. La coherencia espacio – temporal permite respetar las relaciones ecológicas y las condiciones ambientales, conocidos como los requerimientos bottom – up, ya que de este punto hacia arriba es el grado de intervención permitido a realizar, respetando la biodiversidad ecológica y el reciclaje eficiente de nutrientes. Por otro lado, se encuentran los requerimientos top – down, los cuales colocan el margen superior (techo) de acción, aquí se encuentra la ética y la estética pertenecientes al dominio cultural de las coherencias intencionales. Finalmente, entre estos dos límites se localiza el dominio social (coherencia empática) en el cual se puede tender hacia algunos de los márgenes opuestos (top o bottom), debido a que este es el lugar donde los procedimientos sociales tienen lugar, al igual que los económicos. Aquí es donde se encuentra el rango de acción y movimiento. Basándose en las necesidades antrópicas y condiciones naturales se obtiene el punto optimizado graficado en el triángulo de sustentabilidad, por medio del cual se llegará a la obtención del paisaje cultural final. Si se logran respetar los

requerimientos de top-down y bottom up se realizará un manejo acorde a los principios de la sustentabilidad ambiental, equidad social y crecimiento económico.

Modelo

La intensificación de la producción de carne ha generado una mayor concentración de productos derivados de la ganadería, como los purines. La aplicación de purines es una práctica habitual en predios ganaderos, sin embargo esta se realiza sin mucho control. Predios sin posibilidad de aplicar purines al suelo, se ven en el inconveniente de eliminación de estos residuos, por lo que deben optar por un sistema de tratamiento previo a su descarga a cauces de aguas superficiales. Para esto pueden optar por sistemas de tratamiento como biodigestores, compostaje, lombricultura, lagunas aeróbicas, lagunas anaeróbicas, separadores de sólidos y wetland, o combinaciones de estos.

Para el estudio de manejo de los purines en predios ganaderos, se utilizó la metodología propuesta por Gastó *et al* (1993), la cual propone el estudio de los predios a través de una descripción, un diagnóstico y un diseño. Por medio de la descripción del predio se pretende conocer el predio y a partir de esta imagen generar criterios para la posterior solución de manejo. El diagnostico entrega los problemas presentes en el predio en estudio. Finalmente el diseño pretende solucionar los problemas descritos en el diseño, en cuanto a manejo de purines, y formula un sistema de manejo de purines sustentable en el tiempo y espacio.

Para analizar la receptividad tecnológica del predio, en cuanto a la aplicación de purines, se realizó un experimento de lixiviación de nitratos con columnas de suelo obtenidas de los predios estudiados. Estas columnas proporcionan un perfil de suelo con la menor alteración posible. A partir de los resultados obtenidos de este ensayo, se puede establecer los límites máximos de aplicación de purines.

Una vez establecidos estos límites y elaborado el diagnóstico del predio se diseña un sistema de manejo de purines para el predio, el cual será único y particular debido a las características propias del predio, distintas de cualquier otro similar.

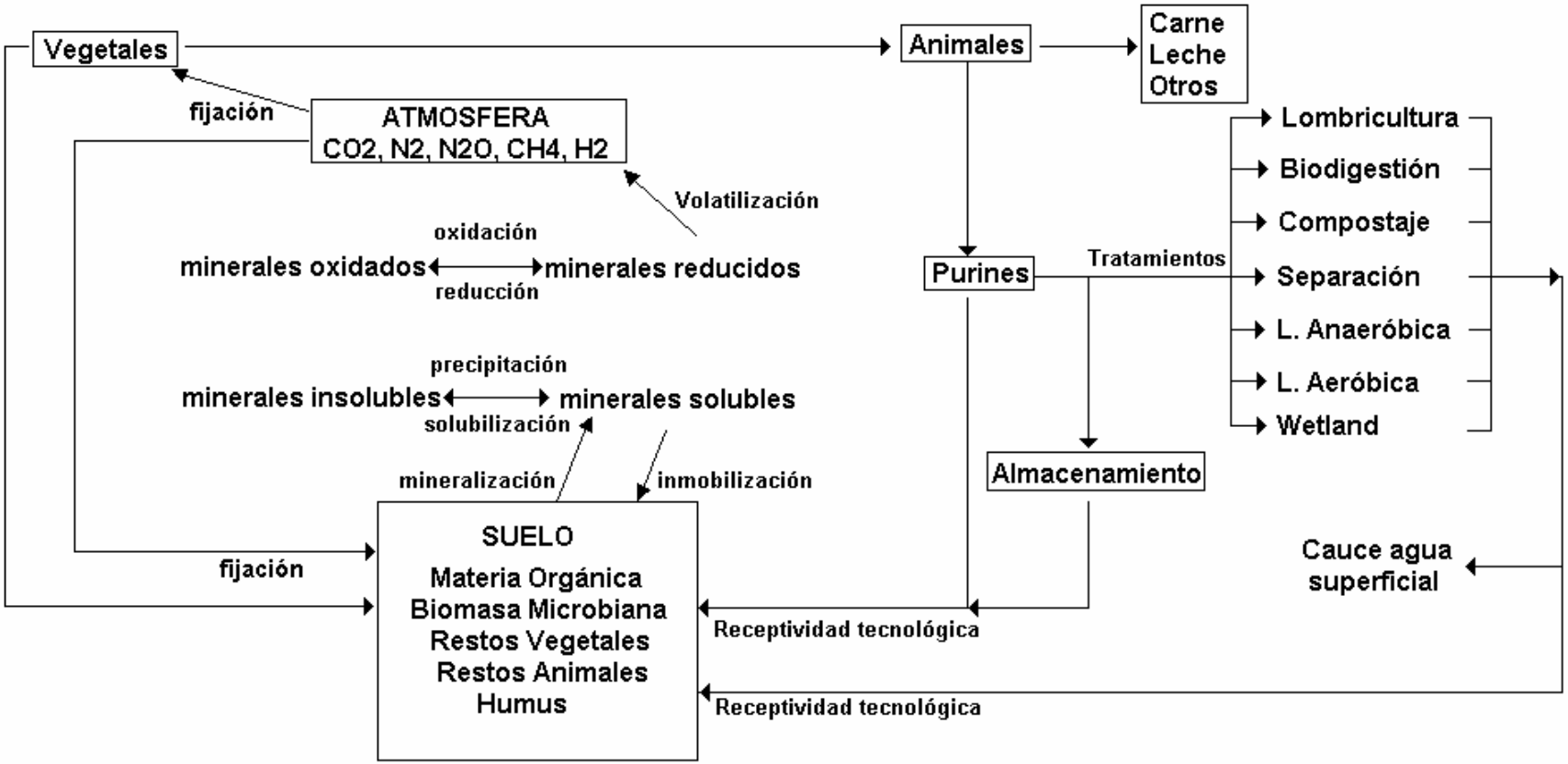


Figura 8. Modelo de Utilización de purines y ciclo biogeoquímico

Estado del Arte

Aplicación y Pérdidas de Nutrientes al Suelo

La intensificación de los sistemas de producción en los últimos años ha aumentado el uso de concentrados, fertilizantes, cultivos forrajeros y ensilajes. Esto se ha traducido, además de un aumento en la producción, en la generación de grandes cantidades de efluentes, entre ellos purines. (Salazar *et al*, 2003), lo que ha llevado a que la aplicación de purines en suelo cultivable se haya convertido en una práctica habitual en el sector ganadero chileno.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en el año 2001, definió purín como la mezcla de estiércol y orina con su contenido original de humedad.

Según SAG, Superintendencia de servicios sanitarios (SISS) y FEDELECHE (2006), la definición de purines corresponde a la mezcla producida por las excretas líquidas y sólidas de bovinos, el agua utilizada en el proceso de limpieza y restos de alimentos. Esta definición esta dirigida especialmente, pero no exclusivamente, a bovinos lecheros donde el agua de limpieza de los corrales y salas de ordeña llegan a alcanzar un 29 % del volumen total de los efluentes que llegan a los pozos de almacenamiento de purines (Salazar *et al*¸ 2003). Salazar *et al* también incluye dentro de los efluentes de las lecherías las aguas lluvias, las aguas sucias (provenientes del lavado de pisos), las fecas y orinas (ver figura 9).

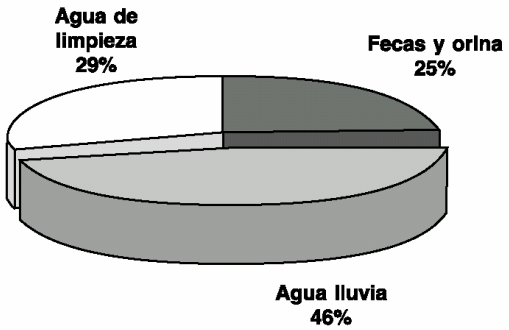


Figura 9. Contribución de los distintos componentes que conforman los purines y que entrarían al pozo de almacenamiento. Fuente: Salazar *et al*, 2003

Existen autores, como González y Sandoval (2005), que consideran dentro de los purines restos de los constituyentes de camas como paja.

Para este estudio, se utilizara como definición de purín a la mezcla de orina, estiércol, y aguas de lavado o lluvia, en el caso que existiesen.

Asimismo, existe una cierta confusión sobre el significado de permeabilidad (también conocido como conductividad hidráulica saturada o saturación) y de tasa de infiltración (también llamada tasa de percolación o tasa de filtración).

La permeabilidad o conductividad hidráulica describen una propiedad del suelo o de la capa de impermeabilización.

La tasa de infiltración depende de la permeabilidad pero también varía, por ejemplo con la profundidad del agua (eso es la gradiente hidráulica) que puede existir en un pozo de almacenamiento de purines. Así, la tasa de infiltración varia tanto con el tiempo, como con la mayor o menor profundidad del pozo de almacenamiento o laguna de tratamiento del purín. Por otro lado, la permeabilidad es una propiedad del suelo la cual, una vez sellado, será relativamente constante. (Schulte, 1998).

Según Rodríguez (1993), la lixiviación o infiltración consiste en el desplazamiento de los nitratos del pool de nitrógeno inorgánico más allá de la profundidad alcanzada por el sistema radicular de la especie vegetal considerada. Según este autor, no es la concentración de nitratos en el suelo en un suelo húmedo la que limita su absorción, sino la proporción de raíces que tienen acceso a ellos. Cuando los nitratos están disponibles a una fracción del sistema radicular, las plantas tienden a optimizar su absorción incrementando su tasa de absorción y el desarrollo radicular. De ahí la importancia de evitar un prolongado periodo de tiempo entre aplicación de purines al suelo y siembra de un cultivo.

El Decreto Supremo Nº 46/2002 (Norma 46/2002), del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile, que establece las Normas de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas publicado en el Diario Oficial el 17 de enero de 2003, se refiere a la infiltración como la introducción del flujo de agua entre los poros del suelo o subsuelo.

En 1981 la Dirección General de Aguas (DGA), define las aguas subterráneas como aquellas que están ocultas en el seno de la tierra y no han sido alumbradas. Bajo estos términos, las aguas lixiviadas o que infiltran por el suelo bajo el nivel de utilización de las raíces llegarían a las aguas subterráneas. De la composición del líquido que infiltra a través

del suelo dependerá el impacto que tendrá éste sobre la calidad del agua subterránea. Aproximadamente el 77 % del agua utilizada por los servicios de agua potable rural proviene de aguas subterráneas, y en el caso del abastecimiento urbano es de alrededor de un 40 % a nivel nacional (Norma 46/2002).

Algunos usos importantes de las aguas subterráneas, sobre todo entre la zona central y el norte del país, son la agricultura, la industria y la minería. De todas formas se considera de mayor relevancia el uso para el abastecimiento de agua potable, dentro del contexto general de la explotación de las aguas subterráneas (Norma 46/2002).

Visto la importancia del aseguramiento de la buena calidad de las aguas subterráneas, es necesario conocer la vulnerabilidad de las aguas subterráneas que serán afectadas por líquidos que se infiltren hasta ella.

La vulnerabilidad intrínseca de un acuífero, tiene relación con la velocidad con la que un contaminante puede migrar hasta la zona saturada del acuífero. Se definirá como alta, media y baja, en términos tales que, en general, a mayor rapidez mayor vulnerabilidad.

Tabla 1. Limites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos en Condiciones de Vulnerabilidad Baja y Media.

Contaminante	Límites Máximos Permitidos	
	Vulnerabilidad Baja (mg/l)	Vulnerabilidad Media (mg/l)
PH	6,0-8,5	6,0-8,5
N-Nitrato + N-Nitrito	15,00	10,00
Nitrógeno Total	15,00	10,00
Sulfatos	500,00	250,00

Fuente: Adaptación de Norma 46/2002.

Según la Norma 46/2002, será la DGA, quien de acuerdo a los antecedentes que posea, determinará la vulnerabilidad del acuífero. Para determinar la vulnerabilidad se considerará la profundidad del punto de descarga, propiedades del suelo, de la zona saturada y de la zona no saturada, características intrínsecas del acuífero, niveles freáticos más desfavorables y tipo de acuífero, y características de la recarga. Para estos efectos, la Dirección General de Aguas aprobará mediante Resolución, que se publicará en el Diario

Oficial, la metodología para determinar la vulnerabilidad, en la que detallará las condiciones específicas y los parámetros a considerar (Norma 46/2002)

De acuerdo con el Decreto Supremo Nº 90/2000, que establece la "Norma de Emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales", las explotaciones ganaderas que no vierten los purines a cuerpos de agua (marinos o superficiales continentales), no están sujetos a dicho decreto. Por este motivo, muchos productores optan por la reutilización de los purines en el predio o fuera de él, como fuentes de materia orgánica y nitrógeno, para mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo y el rendimiento de cultivos (SAG, SISS y FEDELECHE, 2006).

Es en la utilización de purines sobre el suelo, donde se debe poner especial control para evitar la contaminación de aguas superficiales a través del escurrimiento, así como también en la contaminación de aguas subterráneas a través de la infiltración de nitratos y otras sustancias.

En un ensayo de percolación utilizando lisímetros, llevado a cabo por Basso y Ritchie (2005) en un suelo alfisol entre los años 1994 y 1999 en Michigan (Estados Unidos), la mayor cantidad de NO_3-N percolado fue medido en un tratamiento de aplicación de purines frescos. Este ensayo fue realizado bajo una rotación de maíz-alfalfa y alfalfa-maíz, las que entregaron un valor de percolación media anual de 55 Kg. NO_3-N /ha y de 59 Kg. NO_3-N /ha. Esto resultados se obtuvieron bajo nivel de precipitaciones anuales entre 560 mm a 780 mm, variable según el año de experimentación. Respecto al resto de los tratamientos, la segunda percolación mayor fue en la aplicación de compost al suelo, luego aplicación de N inorgánico y por último sin aplicación de nitrógeno.

Los volúmenes de purines generados en un predio ganadero varían según la cantidad de animales, tamaño, especie, tipo de corrales, ración alimenticia, digestibilidad de la dieta, almacenamiento del estiércol o purín y clima, entre otras variables.

Los desechos producidos por novillos de engorda consisten en aproximadamente un 70% de fecas (20 a 30% de materia seca), y 30% orina (3 a 4 % de materia seca) y son producidos a una tasa de un 5 a 6% del peso vivo por día (Department of Agriculture Government of Western Australia, 2002).

Así un novillo de un peso de 450 Kg. producirá 27 Kg. de excrementos (orina y fecas) por día, con una variación del 25% dependiendo del clima, consumo de agua y el tipo de dieta, entre otras variables (Cumsille y Mira, 2005).

Otro ejemplo publicado por SAG, SISS y FEDELECHE (2006), afirma que una vaca de un peso de 400 a 600 Kg., genera alrededor de 40 a 60 Kg. /día de estiércol. Salazar *et al* (2003), estima que el volumen total de efluentes generado en un plantel lechero en el sur de Chile alcanza un valor promedio de 6780 m^3/año (con valores entre 775 a 42790 m^3/año).

Estos grandes volúmenes de purines, son muchas veces utilizados por los productores pecuarios como enmiendas en el suelo. Autores afirman que aplicaciones de estiércol por sobre los requerimientos de los cultivos pueden causar una acumulación significativa de fósforo (P), nitrógeno (N) y sales en el suelo (Eghball, 2002; Ju *et al*, 2006; Ribaudo *et al*, 2003). Estas grandes acumulaciones de nitratos son propensas a lixiviar hacia el subsuelo después de riegos abundantes o luego de fuertes lluvias (Ju *et al*, 2006; Ribaudo *et al*, 2003), y es en este tipo de utilización donde ocurre el mayor riesgo de contaminación a las aguas tanto superficiales como subterráneas, si se hace de una forma desmesurada (Ribaudo *et al*, 2003). El principal elemento lixiviado hacia aguas subterráneas es el NO_3-N. Las características de este compuesto lo hacen susceptible a la percolación a través del perfil del suelo y hacia las aguas subterráneas a través del agua que se infiltra (Basso y Ritchie, 2005). Para evitar efectos negativos en aguas superficiales y subterráneas, la cantidad de estiércol a aplicar en un suelo va a depender de la composición del estiércol, el crecimiento del cultivo y las condiciones ambientales (Eghball, 2000)

El transporte de los nutrientes de purines fuera del potrero, a través del escurrimiento es la mayor fuente de contaminación de aguas superficiales. Sedimentos del suelo capaces de retener el fósforo pueden transportar cantidades considerables de este elemento hacia aguas superficiales mediante la erosión (Gollehon y Caswell, 2000).

Asimismo, cantidades importantes de nitrógeno y fósforo contenidos en el escurrimiento son los mayores contribuyentes al daño de lagos y lagunas a través del proceso de eutroficación (Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005).

Un estudio realizado por Ju *et al* en año 2003, en la provincia de Shandong, China, analizó la relación entre balance de nitrógeno en el suelo y la contaminación con nitratos de aguas subterráneas. Este estudio arrojó una relación directa entre ambos factores. En un

cultivo de hortalizas, con aplicaciones de nitrógeno proveniente de purines que excedían ampliamente las dosis recomendadas, muestras de aguas subterráneas de esos predios arrojaron niveles de nitratos (NO_3-N) por sobre la normativa de la Organización Mundial de la Salud (Laegreid *et al*, 1999 citado por Ju *et al*, 2006). Los problemas locales de manejo inadecuado de N pueden ser llevados a niveles regionales a través de ríos y cursos de agua, aumentando problemas como la hipoxia (Burkart and James, 1999). Aunque NO_3-N está casi siempre presente en aguas subterráneas, su continuo aumento en tierras de manejo agrícola puede llevar a concentraciones de nitrato en aguas subterráneas sobre los estándares aceptables para humanos. La cantidad de NO_3-N removido durante las temporadas de crecimiento de los cultivos puede ser mínima comparada con las pérdidas de lixiviación que ocurren entre la cosecha de un cultivo y la plantación de otro. (Basso y Ritchie, 2005).

Composición del Purín

Como ya se mencionó, se considera purín a la mezcla de orina, estiércol, y aguas de lavado, en el caso que existiesen.

La composición del purín es muy variable. El contenido de nutrientes depende del tipo de animal, tipo de dieta, cantidad y tipo de material de camas, el sistema de recolección de purines, y el manejo entre producción y uso (Rechcigl, 1995; Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005; Dao y Cavigelli, 2003; Eghball, 2000, 2002; INIA, 2005)

Es importante tener una referencia lo mas completa posible de todos los elementos solubles e intercambiables y así estar en condiciones de explicar los posibles cambios físicos, químicos, y biológicos que ocurrirán en el suelo después de la aplicación de estiércol. Esto debido a las altas dosis aplicadas al suelo por los productores de ganado que pueden generar efectos negativos en el suelo, aire y agua.

Los purines que han sido sometidos a ciclos de humedecido y secado, y la lluvia los ha removido han perdido la mayoría de su valor como fertilizante. El contenido de nitrógeno y la disponibilidad del remanente disminuyen con las pérdidas de amoniaco y nitrato a través de la volatilización e infiltración. El fósforo y potasio no volatilizan y son menos propensos

a infiltrar que el nitrógeno, y se encuentran de una forma muy disponible para la planta. (Rechcigl, 1995)

En promedio, los purines contienen un 2% de nitrógeno, 0,5% de fósforo y 1,5% de potasio, en base materia seca (Rechcigl, 1995). Además de nitrógeno, fósforo y potasio, los purines contienen magnesio, calcio, sodio, azufre y otros elementos traza. Cuando los purines son usados como fuente de nitrógeno para los cultivos, se pueden acumular considerables niveles de estos elementos. El pH de los purines puede variar entre 7,7 y 8,7, inclusive fuera de estos rangos (Salazar y Dumont, 1996). La humedad es sumamente variable debido al ingreso de agua al sistema que altera la composición normal de fecas y orina. Sin embargo, las fecas generalmente poseen entre un 8% a un 12 % de materia seca. Este valor variará si se incluye la fracción líquida de los purines (Cumsille y Mira, 2005). Según Pordomingo (2003), los niveles de nitrógeno varían en el rango de 20 a 400 mg/litro, mayoritariamente en la forma de amonio, y los niveles de fósforo se ubican en el rango de 10 a 150 mg/litro. Por último señala que la salinidad (medida como conductividad eléctrica), varía entre 2 a 15 dSm^{-1}. La demanda biológica de oxígeno (DBO) de los purines varía entre 16.000 y 30.000 mg O_2/litro y el de aguas sucias de lechería poseen una DBO de 3.000 mg O_2/litro (Dumont, 1995). Pese a todo lo anterior, del total de nutrientes contenidos en los purines, solamente una fracción es asimilable inmediatamente por las plantas, por lo que la otra fracción que debe sufrir una descomposición para llegar a ser disponible en forma inorgánica. (Salazar y Dumont, 1996). Diferentes composiciones de purines son mostradas en el Tabla 2 y 3.

Tabla 2. Composición de Nitrógeno y Fósforo de los purines según diferentes autores.

Tipo Residuo	**Nitrógeno (g/kg)**	**Fósforo (g/kg)**
(Eghball, 2000 y 2002)		
Purín compostado	8,5	3,6
Purín fresco	11,6	3,9
(Dao y Cavigelli, 2003)		
Purín compostado	13,0	3,8
Purín apilado	16,2	3,5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Composición porcentual de Nitrógeno, Fósforo y Potasio de los purines según diferentes autores.

Tipo Residuo	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
(Rechcigl, 1995)			
Bovino (corral)	1,7	0,5	2,3
Bovino	3,7	0,5	2,5
Bovino feedlot (fresco)	7,8	0,5	1,8
Bovino feedlot	2,0	0,8	2,3
Bovino leche (fresco)	4,0	0,5	1,7
Bovino leche	2,7	0,5	2,4
Purines cerdo (fresco)	5,6	1,1	1,4
Purines cerdo	4,5	1,2	3,6
Purín oveja (fresco)	4,0	0,6	2,9
Purín caballo	1,7	0,3	1,5
Cama de Broiler	2,3-4,6	1,1-1,5	1,7-2,2
Purín ave	4,3-9,5	2,8-8,1	2,1-5,3
Purín bovino	2,3-4,7	0,9-2,1	4,2-7,6
Purines cerdo	4,1-8,4	2,6-6,9	1,6-5,1
(Salazar *et al,* 2003b)			
Purín apilado	1,5	0,4	3,57

Fuente: Elaboración propia.

Purines de bovinos y cerdos contienen semillas de malezas que aun permanecen viables. En algunos casos, las semillas aprovechan el sistema digestivo de los animales para romper la dureza de sus testas, dispersándose aún más. También es posible encontrar algunas especies de hongos en los purines como Mucorales, Ascomycetes, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debida a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es fuente de nutrientes básica para los hongos encontrados. Además de los hongos es posible encontrar gran cantidad de bacterias como *Escherichia coli* (Salazar et al, 2003b). Los coliformes fecales en purines es muy alta, los cuales pueden contaminar cursos de agua provocando enfermedades como brucelosis, leptospirosis, salmonelosis, etc. (INIA, 1999). En la Tabla 4 se presentan algunos de los principales patógenos presentes en los purines y el trastorno que provocan.

Los purines son un valioso recurso para mantener e incrementar la fertilidad del suelo. Estos suministran nutrientes para el crecimiento de las plantas y materia orgánica para el incremento y mantención de las propiedades físicas del suelo. Los nutrientes para

las plantas provenientes de purines, en sus formas inorgánicas, no son diferentes a aquellas procedentes de otras fuentes.

Tabla 4. Patógenos presentes en los purines y enfermedad causante.

Patógeno	**Enfermedad**
Bacterias	
Vibrio Cholerae	Cólera
Salmonella Typha	Fiebre Tifoidea Paratifoidea
Eescherichia coli	Gastroenteritis
Clostridium	Botulismo
Coliformes fecales	Brucelosis
Virus	
Polio virus	Parálisis infantil
Virus de la Hepatitis	Hepatitis
Parásitos	
Entoameba histolitrica	Amebiasis
Naegleria	Meningaencelatitis
Giardia larnblia	Giardiasis

Fuente: INIA, 1999

La disponibilidad del nitrógeno variará según la tasa de mineralización a la que esté sometido el purín. La figura 9 muestra las diferentes formas que se encuentra el nitrógeno posterior a la aplicación al suelo del purín. El fósforo presente en el purín es rápidamente hidrolizado y químicamente precipitado o adsorbido por los minerales del suelo. El potasio puede agarrarse en partículas del suelo en formas intercambiables o mezclarse en la estructura de algunas partículas de algunos suelos (Rechcigl, 1995).

Aplicado en cantidades adecuadas, pero no excesivas, la aplicación de purines generalmente es beneficiosa para el suelo y su ambiente (Rechcigl, 1995).

Según INIA (1999), la utilización de purines debería realizarse principalmente en sectores de ensilajes y cultivos como maíz, cebada, remolachas forrajeras, etc. Estos

cultivos realizan una gran extracción de nutrientes que no son devueltos por los animales en pastoreo y es necesario compensar a través de la fertilización o aplicaciones de purines. Además los costos de fertilización de estos cultivos son altos y una manera de disminuirlos sería aprovechando este tipo de fuente de nutrientes. (INIA, 1999)

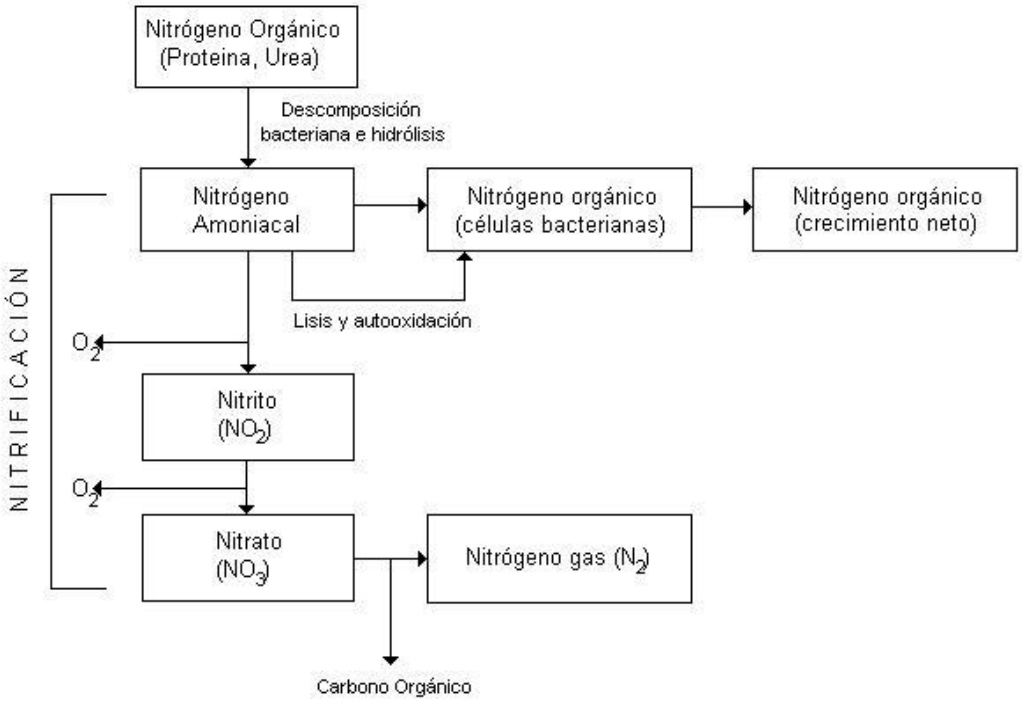


Figura 10. Formas del nitrógeno posterior a la aplicación al suelo de los purines. Adaptado de González y Sandoval (2005).

El sistema de manejo, uso y tratamiento de los purines estará determinado por las condiciones ambientales, sociales y económicas del predio. Estimaciones certeras del contenido de nutrientes en los purines y dentro de rangos establecidos harán de la aplicación de purines una manera viable de mejorar la fertilidad del suelo y los rendimientos de los cultivos.

Para lograr de buena forma este propósito, se debe tener conocimiento de los requerimientos de nutrientes de los cultivos, especialmente de nitrógeno y fósforo, así como el contenido de ambos elementos en los purines, sin dejar de lado el contenido de nutrientes iniciales del suelo. Las variaciones estacionales, entre una temporada y otra, diferentes pendientes y variaciones entre diferentes potreros, también debe ser considerada al momento de planificar la entrega de purines al suelo.

Método de aplicación

La aplicación de purines esta definida por INIA (2005) como la aplicación controlada de los efluentes provenientes de planteles ganaderos al suelo, con el objeto de alcanzar un tratamiento y remoción de los constituyentes que normalmente transportan estos efluentes. Esta forma de aplicación de purines al suelo cumple dos funciones, por una parte es el medio que recibe los purines evitando de esta forma que sean vertidos a cauces de agua u otro medios, y por otra parte actúa como agente purificador de estos, ya que en su superficie e interior ocurren procesos de degradación, eliminando nutrientes, materia orgánica, microorganismos y reteniendo otros componentes como metales pesados (INIA, 2005).

Se pueden distinguir principalmente tres tipos de aplicación de purines directamente al suelo, estos son: tasa lenta, infiltración rápida y flujo superficial, los cuales utilizan procesos biológicos, físicos y químicos para lograr el tratamiento (INIA, 2005).

El sistema de tasa lenta, es muy similar al riego agrícola tradicional y uno de los más usados. Consiste en la aplicación de un caudal controlado de purines sobre la superficie de terreno donde existe un cultivo. Este cultivo extrae nitrógeno del purín, produce un aumento de la velocidad de infiltración y produce un incremento en los ingresos a la explotación pecuaria. Con esto se obtiene, además del filtrado del purín, el crecimiento de especies vegetales entregando un valor agregado al sistema por su valor fertilizante y el agua la que es usada para evapotranspiración (INIA, 2005).

En general, al nivel de productores chilenos, este sistema es usado con mayor frecuencia pero sin los controles ni diseños indicados para que exista una efectiva reducción de los elementos en exceso que traen los purines. (INIA, 2005)

El sistema de infiltración rápida es un método de aplicación al suelo en el cual el purín es tratado en la medida que percola a través de un suelo permeable. La aplicación es generalmente de tipo intermitente, gravitacionalmente o en forma presurizada por aspersión. El tratamiento de estos purines ocurre por una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en el interior del suelo. Por lo general estos sistemas no consideran vegetación, dado que las tasas de aplicación son muy altas, lo que limita la absorción de nutrientes de parte de las plantas. En este tipo de tratamiento de purines, las

aguas residuales pueden ser reutilizadas luego de ser tratadas por la matriz del suelo. Este tipo de aplicación requiere de suelos con alta permeabilidad de tipo franco arenosos, arenosos o gravosos con velocidades de infiltración superiores a los 10 o 15 cm día^{-1}, es decir, condiciones de drenaje bueno a excesivo. Cabe destacar que valores muy altos de infiltración pueden provocar inefectividad del sistema en la remoción de nitrógeno por efecto de disminución del tiempo del tratamiento (INIA, 2005).

Por último, el sistema de flujo superficial o filtración por pasto consiste en forzar la escorrentía del efluente, mediante la aplicación en láminas, sobre un suelo previamente acondicionado y alternando periodos de riego y secado. Los efluentes se aplican alternando fases de humificación y secado, otorgando así la aireación necesaria de la superficie para la degradación de la materia orgánica.

El grado de tratamiento para la degradación del nitrógeno y fósforo es generalmente bajo (48% y 28% respectivamente), pero altos para DBO_5 y los sólidos en suspensión (90% y 70% respectivamente) (INIA, 2005). El efluente puede ser distribuido en forma gravitatoria en la zona superior de los terrenos empastados con pendientes, de modo que fluya por la superficie hasta unas zanjas de captura situadas al final del terreno. El efluente recuperado puede ser eliminado o reutilizado (INIA, 2005)

Según Ponce en INIA (1999), el volumen de purines producidos en el predio y la capacidad de almacenamiento son determinantes sobre la vía de aplicación a elegir ya que, existen importantes diferencias en las capacidades de transporte y eficiencia de trabajo, lo que puede traducirse en una limitante para algún caso en particular (ver figura 11).

Para la aspersión de purines existen varias alternativas, entre las que se encuentran sistemas de red fija, semifija, en superficie, enterada, aspersor único o múltiple entre otras. Una aplicación uniforme, aplicación de purines en suelos reblandecidos por excesos de agua (condición muy favorable en el sur de Chile) y parte del equipo utilizado compatible con las faenas de riego, son algunas de sus características de la aspersión. Lamentablemente este tipo de aplicación es de las opciones más costosas y podría generar contaminaciones por derivas generadas por vientos fuertes al momento de la aplicación (Dumont, 2000; INIA, 1999).

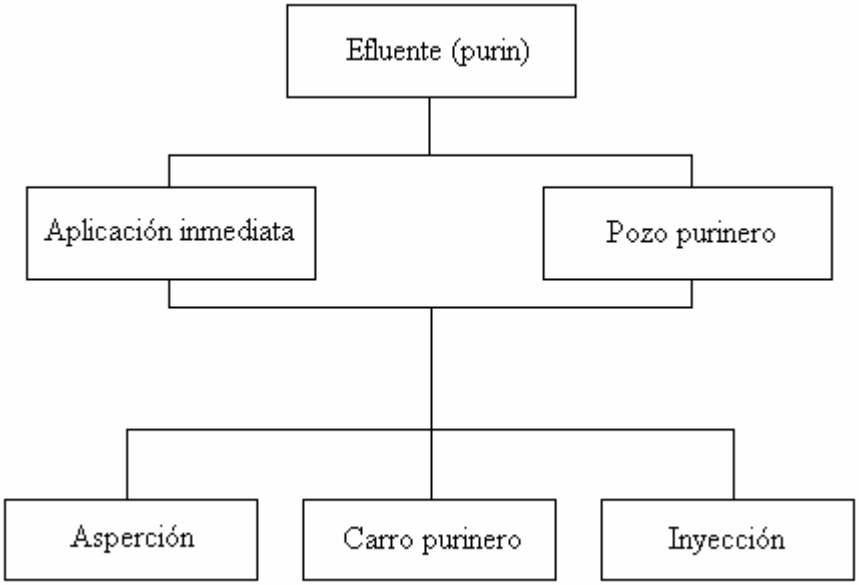


Figura 11. Sistemas de aplicación de purines. Fuente: Adaptado de Ponce en INIA, 2005.

La aplicación de purines a través de un carro purinero al igual que la aplicación por aspersión ofrece varias posibilidades dentro de este tipo de equipos. Es posible encontrar en el mercado carros con capacidades entre 3.000 hasta 8.000 litros. De igual forma, se puede encontrar diferentes mecanismos de carga de los estanques, existiendo los carros autocargables o bien sistemas de carga con acople al toma de fuerza del tractor o eléctricos (INIA, 1999). Las ventajas que entrega este tipo de aplicación de purines son flexibilidad del momento de aplicación ya que no requiere armado de tuberías o estructuras especiales; el costo de inversión es inferior al costo del sistema de aspersión, las derivas de la aspersión del purín son menores por lo que es menos probable que se contaminen otros sectores por efecto del viento. Desventajas que presenta este sistema es la limitada capacidad del carro purinero y la limitación para el ingreso del carro a potrero, específicamente por malas condiciones físicas del suelo (INIA, 1999).

Otro sistema de aplicación, no muy masivo en Chile debido a su costo y otras limitaciones, es el sistema de inyección. Este sistema consiste en la incorporación del purín en el suelo, de modo de dejarlo enterrado y cubierto para evitar la volatilización del amonio. Es un sistema que aparece como respuesta a los graves problemas de contaminación del aire en países europeos. Las maquinarias son de alto costo ya que junto

con producir la inyección a presión, deben romper el suelo con el respectivo gasto de energía (Dumont, 2000; INIA 1999). Dentro de las características de este método de aplicación destacan el incremento de la porosidad del suelo debido al efecto de los cinceles, no afectar la palatabilidad del forraje ya que los purines no quedan en la superficie, sólo puede operar en suelo seco, mayor riesgo de contaminación de aguas a través de los sistemas de drenaje. Cabe destacar además que provoca daños en raíces y partes aéreas de cultivos y praderas, sin embargo esto se recupera en los cortes subsiguientes (Dumont, 2000; INIA, 1999).

Ponce en INIA (1999), afirma que las características edafoclimáticas del área en que se encuentre el predio condicionará de manera importante el buen desempeño del sistema de aplicación. Por ejemplo, suelos con problemas de drenaje presentarán dificultades a un carro purinero de gran peso. Debe considerarse también que sectores sometidos a vientos constantes no lograrán un óptimo resultado con la aspersión tradicional. Factores, como la topografía existente, pueden condicionar la utilización de las unidades de aspersión ya que ellas están sometidas a limitaciones técnicas desde el punto de vista hidráulico. El estado de caminos y el efecto de las condiciones climáticas de la región en este inciden de manera relevante en la elección de una u otra alternativa, sobretodo bajo (Dumont 2000; INIA, 1999).

Desde el punto de vista del efecto de la aplicación del purín en el suelo, según Eghball (2000), la aplicación superficial de los purines podría proporcionar similar cantidad de nitrógeno a un cultivo tan bien como si fuesen incorporados con labranza. También, se debe tomar en cuenta que en suelos manejados bajo el sistema de cero labranza, se produce un aumento de la infiltración de agua lo que disminuye la pérdida de sedimentos y una reducción en la carga de fósforo total del escurrimiento. Este aumento de la infiltración, debido a una mayor proporción de macro poros del suelo, puede tener un efecto negativo sobre las aguas subterráneas por un aumento en la concentración de nitratos en ellas (Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005; Thomsen, 2005). El tipo de suelo, la cantidad de precipitaciones, el tipo de rotación de cultivos y otros factores externos influirán en la velocidad y cantidad del flujo de agua que atraviese por los macro poros (Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005). Holanda et al., 1998 y Robbins et al 1991, citados por Wiederholt, Franzen y Johnson (2005), sostiene además que la cero labranza utilizada para

la aplicación de purines puede generar acumulaciones de nutrientes en los primeros 5 a 12 cm de la superficie del suelo. Aplicaciones de purines en superficie, utilizando bombas con sistemas de irrigación o carros purineros tienen la desventaja de producir gotas muy pequeñas que pueden ser trasportadas por el viento grandes distancias, lo que puede contaminar aguas y afectar las poblaciones aledañas al lugar. (Salazar et al, 2003).

En un sistema de cero labranza, la disponibilidad de nutrientes no es un problema cuando el purín, tanto fresco como compostado, es aplicado en la superficie del suelo y no es incorporado. Esto se explicaría por que la mineralización de nitrógeno del purín no varía si es incorporado o solo dejado sobre la superficie en sistemas de cero labranza, pero si está significativamente relacionada a las unidades termales en el suelo (Eghball, 2000).

La clase de manejos realizados al suelo afectarán fuertemente la lixiviación de nitratos hacia aguas subterráneas. Diferencias en la capacidad de absorción de nitrógeno entre los cultivos, manejo de fertilizantes, precipitaciones y riego en diferentes sistemas, entre otras variables, llevará a diferentes patrones de acumulación de nitratos en el perfil de suelo (Thomsen, 2005).

Una encuesta realizada por Salazar et al (2003), determinó que en predios dedicados a la producción de leche, en el 65% de los casos se realizaba una aplicación de purines con bombas de sistemas de irrigación, y en un 23% de los predios se utilizaba el sistema de carros purineros o una combinación de ambos. Además postula que el uso de maquinaria más sofisticada, como la necesaria para aplicar con el sistema de inyección, esta recién surgiendo en Chile por lo que desarrollos en esa área son necesarios para mejorar la utilización de los purines generados en ganadería.

El mejor método de aplicación para un predio estará determinado por las diferentes variables presentes en cada situación. El objetivo es disminuir al mínimo posible la contaminación de aguas por escurrimiento y/o infiltración profunda. Además se pretende realizar la mejor depuración de los purines, aprovechar al máximo sus nutrientes y materia orgánica, y mejorar la estructura del suelo, dentro de lo posible. Para esto se debe generar un buen diseño y control del manejo de purines tanto en sus dosis de aplicación como en su método de aplicación. Este diseño debe asociar mínimo costo, menor daño ambiental posible y fácil manejo para el operador. Cada método de aplicación presenta ventajas y desventajas para cada situación, por lo que se debe analizar a fondo las características del

predio (producción de purines, superficie disponible, pluviometría, temperaturas, cultivos) y su entorno (poblados, cauces de aguas, cultivos aledaños) al momento de realizar una elección.

Los sistemas de aspersión proporcionan una aplicación uniforme y disponible todo el año, sin embargo estos sistemas tienen un costo elevado y en caso de predio con vientos continuos, peligros de contaminación por deriva. El sistema de carro purinero en cambio, posee un bajo costo pero su limitada capacidad e impedimento de ingresar a potrero durante todo el año limita su uso. El sistema de inyección tanto por su elevado costo y alto gasto energético es una opción poco viable en Chile por el momento. Este sistema sin embargo es el que aprovecha de mejor forma los nutrientes de los purines por lo que no debe descartarse completamente

Época de aplicación

Maximizar la eficiencia de uso de nutrientes y minimizar las pérdidas y sus efectos contaminantes al suelo y cursos de agua, debiesen ser los objetivos a cumplir por los predios que apliquen los purines al suelo. Esto considerando el reciclaje y balance de nutrientes, además del impacto ambiental (Salazar y Dumont, 1996).

Las condiciones climáticas, la infiltración a aguas subterráneas o el escurrimiento hacia aguas superficiales, por nombrar algunas variables, generan un fuerte impacto en la mineralización del nitrógeno de purín. La alta pluviometría en otoño e invierno, sobretodo en la zona sur del país, provoca grandes escorrentías superficiales y lixiviaciones hacia aguas subterráneas. Esto constituye una permanente amenaza en la pérdida de nutrientes (Salazar y Dumont, 1996; Thomsen, 2005; Basso y Ritchie, 2005 citando a Beckwith et al., 1998; Chambers et al., 2000; Chalmers, 2001 y Yan-Wang et al., 2002). En invierno el metabolismo de las plantas disminuye, al bajar las temperaturas, provocando una menor absorción y menor desarrollo. Esto provoca una sinergia con las altas precipitaciones provocando una baja eficiencia en el uso de los nutrientes y un aumento de la contaminación (principalmente por nitrógeno) hacia las aguas. (Salazar y Dumont, 1996; Thomsen, 2005). Estas mayores contaminaciones por nitrógeno se explican por una menor

temperatura en el suelo que impide una rápida liberación del nitrógeno en su forma disponible para las plantas (González y Sandoval, 2005)

Moller y Djurhuus (1997), sostienen que en suelos arcillo-arenosos, pérdidas por lixiviación de nitrógeno proveniente de purines son mayores después de aplicaciones y manejos realizados en otoño que en primavera. Estimaciones indican que la pérdida de nitrógeno en invierno, debido a aplicaciones durante otoño, alcanzan entre un 6 a un 12% de la cantidad total de N en los purines (Thomsen, 2005).

La época de aplicación más adecuada sería a principios de primavera. En esta época, las temperaturas empiezan a subir y las lluvias declinan produciendo una excelente combinación para el aprovechamiento de los purines aplicados, además de encontrarse en el inicio del crecimiento activo de las plantas. Es en este periodo donde las raíces absorben con mayor rapidez los nutrientes del suelo y las pérdidas son mínimas. No obstante, en otoño ocurre un repunte de la pradera, la que se puede estimular con aplicaciones de purines en menores dosis. Las aplicaciones de verano, al igual que las de otoño e invierno, también están sujetas a grandes pérdidas por volatilización de nitrógeno. Una posibilidad práctica para vaciar los pozos en otoño consiste en realizar las aplicaciones con dosis bajas del orden de los 15.000-20.000 litros ha^{-1}, con suelos húmedos. (INIA, 1999; Dumont, 2000).

Las aplicaciones de purines en invierno se deben evitar por no haber crecimiento de la pradera y por el exceso de lluvias que provocan arrastres superficiales y a través del perfil de suelo o lixiviación. (Dumont, 2000).

El momento de aplicación de purines debe estar sincronizado con el periodo de mayor absorción de nutrientes de la planta. De esta forma se evita la contaminación de aguas subterráneas y se maximiza el uso de los recursos. Aplicaciones otoñales, previas a riegos o a lluvias fuertes se deben evitar para no contaminar cauces de agua por escurrimiento o por infiltración. La mejor época de aplicación es durante la primavera, periodo durante el cual los cultivos tienen un crecimiento mayor, no se presentan grandes lluvias y las temperaturas no son tan altas de manera que se acentúe la volatilización de los nutrientes presentes en los purines. Manejos durante esta época también facilitaría el uso de sistemas de aplicación como carros purineros.

Efecto en el cultivo

Respecto al tipo de cultivo sobre el que es aplicado el purín, este debe ser preferentemente especies que no crezcan a ras de suelo y/o deriven a consumo humano (INIA, 2005). Según Dumont en INIA (1999), la utilización de purines debería realizarse en sectores de ensilajes, y cultivos como maíz, cebada, remolacha forrajera, etc. Estos cultivos al realizar una considerable extracción de nutrientes del suelo, aprovechan bien los nutrientes entregados vía aplicación de purines lo que impediría contaminación a aguas subterráneas. De todas formas, la tasa de aplicación al suelo dependerá del cultivo, los niveles entregados muestras de suelo y la composición de nutrientes del purín (Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005).

Alrededor de un 5% del nitrógeno total en purines frescos y 4% en purines compostados se encuentra en formas inorgánicas (NO_3 y NH_4) (Eghball, 2002). Respecto al nitrógeno presente en la fase líquida del purín, éste se encuentra en forma orgánica y en forma inorgánica (NH_4^+). Esta última es disponible inmediatamente por los cultivos, pero las formas orgánicas deben ser mineralizadas antes de estar disponibles para que la planta pueda absorberlas. Nitrógeno orgánico y NH_4^+ no son muy móviles en el suelo, sin embargo, NH_4^+ puede ser nitrificado a NO_3^- en días o semanas, el cual puede ser transportado libremente a través del suelo por medio del flujo de agua (Feng *et al*, 2005).
Según Feng *et al* (2005), la mineralización de nitrógeno estaría descrita por la siguiente ecuación:

$$N_{min}=A_0\ [1 - \exp\ (-?\ t)]$$

Donde N_{min} es la cantidad de nitrógeno mineralizado, A_0 es la cantidad total de nitrógeno en el material orgánico, en este caso el purín, t es el tiempo y ? es el coeficiente de mineralización de nitrógeno. La mineralización de nitrógeno es dependiente de la temperatura. Esta relación comúnmente es descrita como un Q_{10} que aumenta al doble el coeficiente por cada aumento de 10ºC en la temperatura. Estimar la cantidad de nitrógeno mineralizado en un largo periodo de tiempo es complejo cuando se han realizado múltiples aplicaciones y la temperatura ha variado estacionalmente. Para solucionar este problema,

Feng *et al* (2005) desarrolló un sistema donde se incluyen las variaciones de temperatura y múltiples aplicaciones a través del tiempo. Sin embargo, debido a los variados métodos de aplicación de purines, es difícil proyectar los resultados en términos de rendimientos de cultivos e infiltración de nitratos, debido a los procesos dinámicos e interactivos que incluyen la aplicación de purines, riego o precipitaciones y crecimiento de la planta (Feng *et al*, 2005).

Leclerc et al, 1995, citado por Basso y Ritchie (2005), postula una alta eficiencia de utilización de purines los cuales han sido compostados y reducción benéfica de la percolación de nitratos producidos por fertilizantes orgánicos durante una rotación de 5 años de maíz.

En un ensayo llevado a cabo durante 6 años de una rotación maíz-alfalfa por Basso y Ritchie (2005), se observó que dosis excesivas de purines frescos o compostados no generaban necesariamente incremento en los rendimientos. En este mismo ensayo, se demostró que no existe una diferencia en la absorción de nitrógeno normal de maíz y alfalfa, al realizar aplicaciones de purines.

Según Thomsen (2005), la disponibilidad de nitrógeno está influenciada por el tiempo de incorporación y la distribución de éste, no así la mineralización de nitrógeno como afirma Eghball (2000; 2002).

Patrones de variación en la inmovilización y mineralización como la temperatura o precipitaciones, deben ser analizados para optimizar una sincronización entre la absorción de nitrógeno del cultivo y la mineralización de nitrógeno (Thomsen, 2005; Eghball, 2000). A modo de ejemplo, en años más secos la mineralización de nitrógeno en el suelo, producto de la aplicación de purines, es menor que en años más lluviosos, lo que trae consigo una menor acumulación de lo esperado de NO_3 residual en el suelo (Eghball, 2002).

De la misma forma Gilbertson et al. 1979, citado por Eghball 2000, postula que la disponibilidad del nitrógeno aplicado al suelo, varía con una tasa de 40, 20, 10 y 5% el primer, segundo, tercer y cuarto año luego de la aplicación al suelo. Esto, según Eghball (2000) es una sobre estimación de la disponibilidad del nitrógeno en el suelo, ya que la disponibilidad de nitrógeno a partir aplicaciones de purines encontrada luego de realizar un ensayo de mineralización de nitrógeno basándose en aplicaciones de purines al suelo, fue de un 20% el primer año. Otros autores postulan una disponibilidad de nitrógeno de 75% el

primer año y 15% al segundo, sin embargo esta disponibilidad esta sujeta a una amplia variabilidad tanto por las diferencias en la composición de los purines como las variaciones que implican los métodos de aplicación al suelo o las variables edafoclimáticas, entre otras causas (Dumont, 1995).

Tabla 5: proporción de nitrógeno presente en el estiércol, mineralizado en el suelo por año

Tratamiento	1994 (%)	1995 (%)	1996 (%)
N estiércol fresco	19	28	12
N estiércol compostado	12	12	8

Fuente: Eghball, 2000.

En un ensayo realizado por Eghball (2000), la disponibilidad del nitrógeno residual durante el segundo año luego de aplicaciones de purines directamente al suelo y purines a los que se les ha realizado un tratamiento previo de compostaje, es de solo 4% y 3% respectivamente. Para aplicaciones bianuales, la disponibilidad de nitrógeno remanente para el segundo año es de 18% para estiércol fresco y 8% para estiércol compostado. Ambas aplicaciones fueron realizadas basándose en los requerimientos de un cultivo de maíz.

El tiempo y la cantidad al momento de la aplicación de purines son muy importantes sobre el efecto en el rendimiento del cultivo y en el nitrógeno que pueda infiltrar a aguas subterráneas. Muchos cultivos tienen una alta tasa de requerimientos de nitrógeno en un periodo de tiempo pequeño y podría experimentar un crecimiento reducido si las cantidades de nitrógeno adecuadas no se encuentran disponibles durante ese periodo (Feng *et al*, 2005).

Es difícil proyectar la mineralización del nitrógeno orgánico a nivel de campo. Como sabemos, depende de muchos factores, algunos de los cuales no se tiene control. Sin embargo, es posible estimar según el tipo de aplicación, condiciones iniciales del suelo, dosis de aplicación de purines, precipitaciones y temperaturas, y la cantidad de nitrógeno disponible para la planta.

Los purines son una excelente fuente de nutrientes al suelo y a los cultivos, pero su uso debe estar normado y cuidadosamente planificado, de manera de no perjudicar el medio ambiente. Aplicaciones de purines en otoño tendrán menor efecto en los rendimientos debido a una pérdida de nutrientes por escurrimiento e infiltración. Así mismo, el efecto de la aplicación de purines es menor el segundo año, debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo durante el primer año.

Volatilización

Los purines, además de ser una importante fuente para la volatilización de amoniaco (NH_3), liberan al aire una serie de gases con propiedades irritantes asfixiantes o letales, según sea el caso. Entre éstos se encuentran: Dióxido de carbono (CO2), Óxido Nitroso, Sulfuro de Hidrógeno (H2S), Metano (CH4) y Monóxido de Carbono (Dumont, 1995).

La volatilización de amoniaco tiene, en diferentes maneras, un impacto negativo en el ambiente. Es así como el almacenamiento, manejo y uso de los purines están asociados con la volatilización del amoniaco. Un incremento en la disponibilidad de nitrógeno en combinación con la acidificación del suelo, puede causar alteraciones al balance y/o deficiencias de nutrientes (Huijsmans, 2003).

El problema de la volatilización de amoniaco, se ha vuelto más importante en países como holanda, donde la contaminación por amoniaco es debido principalmente a pérdidas de este gas a partir de purines originados de la ganadería. Esto llevó al gobierno holandés a crear leyes que normaran la aplicación de purines tanto para prevenir la lixiviación de nutrientes hacia aguas subterráneas como para reducir la volatilización de amoniaco. Para prevenir la sobre fertilización de cultivos, se establecieron límites en la cantidad de purines aplicados por hectárea por año. Para incrementar la absorción de nutrientes de los cultivos y disminuir la lixiviación de nutrientes a través del suelo, los periodos durante el cual se permite aplicar purines, se acomodaron a los periodos de crecimiento de la planta. Incluso se llegó a prohibir las aplicaciones de purines durante el otoño e invierno (Huijsmans, 2003).

La volatilización desde los purínes es proporcional a la diferencia entre la concentración de amoniaco en la superficie del purín y la concentración de este en el aire

alrededor de la superficie (Chardon *et al*, 1991; citado por Huijsmans, 2003):

$$E = k (c_m - c_a)$$

Donde E es la tasa de volatilización del amoniaco (g m^{-2} s^{-1}), *k* es el coeficiente de difusión para el amoniaco en el aire (m s^{-1}), c_m la concentración de amoniaco en la superficie del purín (g m-^{3}), c_a la concentración de amoniaco en la atmósfera alrededor de la superficie del purín (g m-^{3}).

La volatilización de amoniaco ocurre porque el amonio en el purín es convertido a gas, a través de la siguiente reacción:

$$NH_4^+\text{-N} \leftrightarrow NH_{3g} + H^+$$

La reacción produce más NH_{3g} a medida que el pH o la temperatura aumentan, y a medida que la concentración de NH_4^+-N aumenta (Meisinger y Jokela, 2000)

Los factores que pueden afectar la volatilización de amoniaco desde el purín y la emisión de amoniaco hacia la atmósfera son, entre otras, las características físicas y químicas del purín, factores meteorológicos, interacción purín-suelo-planta, método de aplicación e incorporación.

Según Amberger *et al* (1987), citado por Huijsmans (2003), un mayor contenido de materia seca en el purín disminuye la infiltración en el suelo, lo que da como resultado una mayor posibilidad de volatilización. A grandes concentraciones de amonio en el purín, debido a un bajo contenido de agua, la volatilización potencial se incrementa. La dilución del purín disminuye directamente la concentración de amonio en este y mejora la infiltración del purín en el suelo. Sin embargo, cuando se aplican purines diluidos, el volumen aplicado será mayor que si se aplicasen purín no diluidos, si se mantiene la misma dosis de nitrógeno requerida. Este mayor volumen de aplicación podría contrarrestar el efecto de la dilución del purín en la reducción de la volatilización, debido a que la aplicación de un mayor volumen disminuiría la infiltración en el suelo (Huijsmans, 2003).

Temperatura, humedad y viento podrían mencionarse como los principales factores que tienen efecto en la volatilización (Huijsmans, 2003; Pinder *et al*, 2004). Una alta temperatura en el purín aumenta la formación de amoniaco hacia su forma acuosa, debido a un incremento en la constante de disociación de amonio a amoniaco en sus formas acuosas. Una alta temperatura también incrementará la formación de amoniaco en su forma gaseosa y disminuiría la solubilidad de amoniaco en agua. (Huijsmans, 2003; Meisinger y Jokela, 2000).

Existen registros donde se describe que un aumento en la temperatura aumentaría las pérdidas totales de nitrógeno. Además se postula que sobre los 20º C se generarían las mayores pérdidas de nitrógeno por volatilización del amoniaco (Pratt *et al*, 2002).

De todas formas, pérdidas por volatilización no se detienen a temperaturas cercanas a la congelación. Varios autores han reportado pérdidas de hasta un 50% del nitrógeno amoniacal total (TAN) en dos días con temperaturas cercanas a congelación. Estas pérdidas pueden ocurrir debido a una muy baja pero importante tasa de volatilización que continua por un largo periodo de tiempo y porque el congelamiento puede tener un efecto similar a la concentración de NH_4-N por secado.(Sommer *et al*, 1991; citado por Meisinger y Jokela, 2000)

Disminución de la humedad del purín, vía evaporación, aumenta la concentración del amoniaco líquido en el purín. En el caso de que la concentración de amoniaco en el aire sea menor a la concentración de este en el purín la evaporación estimularía la volatilización de amoniaco. Existe la posibilidad de que el purín forme una especie de "costra" o "película" en su superficie, la que actuaría como barrera contra la difusión de amoniaco desde el purín (Huijsmans, 2003).

La velocidad del viento incrementa la difusión del amoniaco hacia el aire, ya que el amoniaco volatilizado es removido por el viento y por lo tanto la concentración de amoniaco en el aire alrededor del purín se mantiene baja, lo que estimula la volatilización de amoniaco desde el purín. (Freney *et al*, 1983; citado por Huijsmans, 2003) Puede ocurrir también que vientos de altas velocidades sequen la capa superior del purín, mejorando la infiltración y disminuyendo la volatilización. En este caso ocurre una relación inversa entre velocidad del viento y volatilización. Luego de 24 horas, la velocidad del viento tiene muy

poca influencia sobre las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoniaco (Thompson *et al*, 1990)

La caída de lluvia inmediatamente después de la aplicación de purines al suelo mejora la infiltración dentro del perfil de suelo y con esto disminuye la volatilización de amoniaco. Esto también ocurre con riegos post aplicación de purines. Lluvias antes de la aplicación de purines afecta la humedad del suelo y podría diluir el purín o disminuir la infiltración a través del suelo (Huijsmans, 2003; Meisinger y Jokela, 2000). No obstante, se debe tener en cuenta que la caída de lluvia no siempre detiene las perdidas de amoniaco, (Chambers *et al*, 1997; citado por Meisinger y Jokela, 2000).

El pH del purín también afecta la volatilización. La volatilización de amoniaco podría disminuir entre 30 a 98% al disminuir el pH del purín desde 7,0 a un rango de 5,0 a 6,5 (Döhler y Aldag, 1986, citado por Huijsmans, 2003).

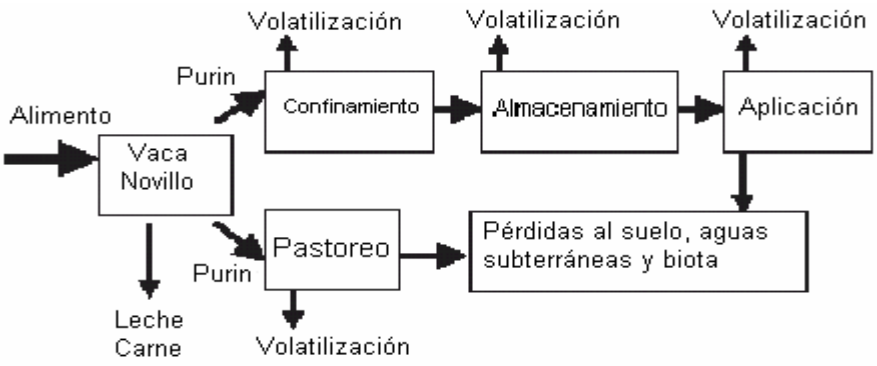


Figura 12. Etapas del manejo de purines donde es probable la pérdida de nutrientes, especialmente NH_3, a través de la volatilización. Fuente: Pinder et al (2004).

Existen diferentes interacciones entre el purín, el suelo y la planta o cultivo que se encuentre presente durante la aplicación del purín. Por ejemplo, una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), y un pH bajo, disminuye la volatilización de amoniaco (Freney *et al*, 1983; citado por Huijsmans, 2003). En un suelo seco, el purín puede infiltrar más profundamente a través de los poros pequeños del suelo y con ello disminuiría las pérdidas por volatilización. Cuando el purín es aplicado sobre la parte superior o copa de un cultivo, esta actúa como una barrera física contra la infiltración e incrementa el área de contacto del purín con el aire, lo que incrementaría la volatilización. Esto también ocurre

cuando el purín es aplicado sobre rastrojos (Huijmans, 2003). Una ventaja que entrega la aplicación sobre un cultivo es que este actúa como una barrera disminuyendo la velocidad del viento en la superficie del purín y con ello disminuye la volatilización (Thompson *et al*, 1990)

La labranza previa del suelo también tiene efecto en la volatilización de amonio. La volatilización será mayor desde un purín aplicado a un suelo compactado que sobre un suelo bien cultivado. Esto se explicaría por que las labores previas a la aplicación del purín mejorarían la infiltración. (Amberger et al, 1991; citado por Huijsmans, 2003)

La volatilización de nitrógeno es un problema sobre el cual debemos actuar para evitar la contaminación del aire mediante la aplicación de purines al suelo. La volatilización aumenta al aumentar la temperatura, el contenido de materia seca del purín, la velocidad del viento, como también al realizar aplicaciones sobre suelos compactados. Se debe evitar, por lo tanto realizar aplicaciones en condiciones que favorezcan la volatilización como las antes mencionadas. Se debe favorecer entonces, la infiltración de los purines hacia el perfil de suelo, teniendo siempre la precaución de no sobrepasar los límites del cultivo o la capacidad del suelo de retención de nutrientes. Con esto se evita la contaminación de aguas subterráneas por infiltración profunda, la contaminación del aire por volatilización y al mismo tiempo se favorece el uso de los nutrientes por la planta. Cabe destacar el riesgo que genera una volatilización de nitrógeno de gran escala, pudiendo llegar a ser letal tanto para los animales como para los humanos.

Efecto de la técnica de aplicación

La volatilización de amoniaco es afectada por el área de contacto entre el purín y la atmósfera. La difusión de amoniaco disminuye al disminuir el área de contacto. El área de contacto del purín con la atmósfera puede reducirse mejorando la infiltración del purín en el suelo. Además, la infiltración o un incremento en la superficie de contacto del purín con el suelo puede llevar a formar un mejor vínculo entre el amonio líquido en el suelo. Una mejor infiltración del purín puede lograrse por dilución del purín, labores en el suelo antes de la aplicación, lluvias o irrigación durante y después de la aplicación del purín y por la forma en que el purín es aplicado o incorporado. (Huijsmans, 2003; Pinder *et al*, 2004).

Aplicaciones con sistemas de aspersión y/o carro purinero se han asociado a una mayor pérdida de amoniaco por volatilización y generación de malos olores (Sommer y Hutchings, 1995). Estudios realizados en Europa han mostrado que las emisiones de amoniaco pueden ser reducidas considerablemente con el uso de equipos de aplicación de purines en forma localizada, sobre y debajo de la superficie del suelo (Misselbrook y col, 1996 citado por Salazar *et al*, 2003; Thompson, 1990)

Para la aplicación de purines sobre suelos arables, la incorporación inmediata puede reducir considerablemente las pérdidas de amoniaco (Huijsmans, 2003; Pain and Klarenbeek, 1989; citados por Thompson et al, 1990). Esta incorporación puede ser combinada con labores de preparación del suelo para el establecimiento de un cultivo. Sin embargo, en el caso de la incorporación del purín luego de la aplicación, el tiempo entre la aplicación e incorporación no debe ser muy amplio, ya que la volatilización del purín en superficie alcanza su mayor nivel durante las primeras horas luego de la aplicación (Huijsmans, 2003)

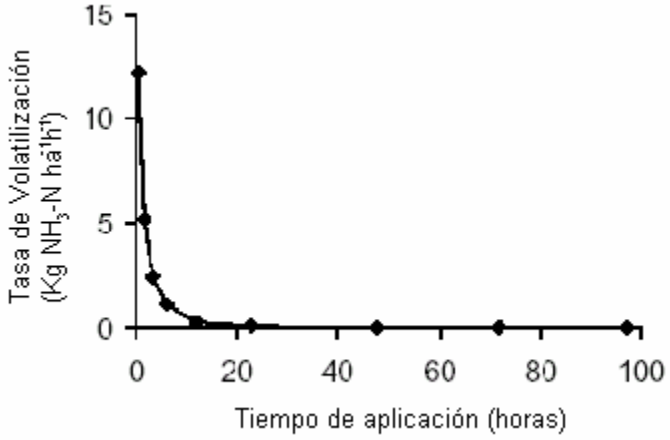


Figura 13. Volatilización de amoniaco (NH_3) desde un potrero. (Expresado como la variación en la tasa de volatilización a través del tiempo). Fuente: Huijsmans, 2003

El método de aplicación es un factor importante a considerar para prevenir o estimular la volatilización de amoniaco. Eghball (2000), postula que debido a que el estiércol de feedlot es usualmente dejado en la superficie del feedlot varios meses antes de

que sea colectado, alrededor de un 50% del nitrógeno excretado se pierde durante este periodo, debido a volatilización.

En un ensayo realizado por Huijsmans (2003) entre el año 1989 y 1993, en aplicaciones en bandas pequeñas la volatilización podría variar desde 8 a 50% y con aplicación con inyector desde 1 a 25% del nitrógeno amoniacal total. En el caso de la aplicación superficial mediante un carro purinero, en promedio cerca de 70% de la volatilización total ocurrió en las primeras 3 horas. Para la aplicación en bandas pequeñas e inyección este porcentaje alcanzo el 30% en promedio. En este ensayo, Huijsmans (2003), estimó que la volatilización acumulativa total del nitrógeno amoniacal total sería 77% para aplicación superficial (mediante un carro purinero), 20% para aplicaciones en bandas pequeñas y 6% para aplicación mediante inyectores.

Es fundamental considerar el efecto que tiene un sistema de aplicación de purines en la volatilización al momento de escoger. Al elegir sistemas de aplicación como la aspersión que favorecen la volatilización, además de la generación de malos olores, se beneficia la pérdida de nutrientes y la contaminación del aire. En cambio sistemas como los inyectores evitan la volatilización y favorecen la infiltración y el aprovechamiento de los nutrientes, pero tienen un mayor costo de aplicación. Nuevamente se debe tener en cuenta las variables de cada predio al momento de tomar una decisión, de manera que ésta sea sustentable en el tiempo.

Efecto de la aplicación en propiedades del suelo

La aplicación de purines en el suelo tiene efectos benéficos en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo (Eghball, 2000; Wiederholt, Franzen y Johnson, 2005). Sin embargo, como ya se ha mencionado, un exceso en el uso de éste o aplicaciones no apropiadas podrían generar efectos negativos. En estas aplicaciones el suelo cumpliría dos funciones, por un lado como medio receptor de los residuos de planteles ganaderos evitando que estos sean vertidos a otros medios, y a la vez actúa como agente activo ya que en la superficie como en su interior se producen procesos de degradación, eliminando nutrientes, materia orgánica, microorganismos y reteniendo otros componentes como metales pesados. Esta depuración se realiza mediante la acción física (filtración), química

(intercambio iónico, precipitación y co-precipitación, fenómenos de oxido-reducción), adsorción y biológica (degradación de la materia orgánica). Esto ocurre en los horizontes superiores del suelo, donde se encuentra la capa biológica activa (INIA, 2005).

Diferentes estudios se han realizado para analizar los efectos que tendría la aplicación de purines al suelo.

Gao y Chang (1996), analizaron el efecto en la capacidad de intercambio catiónico de la superficie del suelo, el carbono orgánico total y el nitrógeno total del suelo, concluyendo que estos aumentan al aumentar la tasa de aplicación de purín al suelo.

Por su parte, Schegel (1992), estudió el efecto de los purines en la concentración de fósforo, potásio y contenido de materia orgánica. Concluyó que la aplicación de estiércol proveniente de feedlots aumenta el contenido de fósforo, potasio y materia orgánica del suelo. Además, mostró que el efecto contrario ocurría al aplicar fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Davis et al (1997), demuestra que el NO_3-N residual del suelo después de fuertes aplicaciones de estiércol es mayor en suelos de textura pesada que en suelos arenosos. Asimismo determinó que repetidas aplicaciones de purines tienen mayor un riesgo potencial de producir problemas de pH mayores a 8.0, en suelo de textura pesada que de textura liviana.

Eghball, (2002), coincide con Davis et al (1997), al afirmar que el pH del suelo podría estar influenciado por la aplicación de estiércol. Este autor indica que la aplicación de purines, tanto fresco como compostado, proveniente de feedlot aumenta el pH de la superficie del suelo mientras que la aplicación de N como NH_4NO_3 reduce significativamente el pH. Esto podría ser una ventaja tanto como una desventaja, dependiendo de lo que se pretenda alcanzar en el suelo, es decir, aplicaciones de purines en suelos ácidos, mejoraría las condiciones de cultivo al llevar el pH del suelo a condiciones más favorables para la planta.

Aplicaciones de purines pueden ser benéficas para el contenido de materia orgánica de suelo (Eghball, 2002).

Caviedes y Vergara (1988), manifiestan que los purines aplicados al suelo mejoran la estructura de los suelos, reducen la erosión tanto eólica como hídrica (debido a un aumento de la cohesión entre partículas del suelo y con ello una mayor resistencia al

arrastre), aumentan la capacidad de retención de agua e influyen en la acidez o alcalinidad del suelo. De igual manera, los mismos autores postulan que el incremento en la fertilidad, manifestado en un buen desarrollo vegetal, es mayor que el beneficio físico que el purín produce en el suelo. Además, expresan que la aplicación del purín sin un tratamiento previo, como compostaje, no es aconsejable ya que la materia orgánica cruda no ayuda a que se formen agregados estables, puesto que aún no ha comenzado su proceso de fermentación. Sin embargo, su aplicación debe hacerse antes que el proceso de descomposición llegue a su término, puesto que su mayor efecto en el suelo se produce durante el proceso de fermentación.

Almacenamiento de los purines

Es habitual ver pozos de almacenamiento para los purínes en predios dedicados a ganadería. Estos pozos varían tanto en su tamaño como en su material.

En una primera etapa, se puede almacenar los purines en pozos de tierra por su economía y versatilidad. (Dumont, 2000; INIA, 1999). Salazar *et al* (2003), señala en una encuesta realizada que un 7% de los predios lecheros del sur de Chile no cuentan con pozos de almacenamiento de purines. Sin embargo se debe considerar que la encuesta estaba dirigida a predios que contaban con algún sistema de manejo o utilización de purines.
Esta situación es similar a la encuesta realizada por Smith y col. (2001) en predios del Reino Unido donde afirma que un 18% de los predios encuestados no contaban con algún tipo de almacenamiento o solo contaban con una capacidad limitada.

De acuerdo con Salazar *et al* (2003), principalmente dos tipos de estructuras de almacenamiento predominan en los predios ganaderos: estructuras de concreto y pozos de tierra, ocupando estos últimos un 41% de los predios estudiados. Los pozos de tierra infiltran de una manera más significativa que los de concreto, por lo tanto, es necesario tener en consideración el inevitable riego que tienen de contaminar aguas subterráneas por medio de la infiltración de sus paredes y el fondo. Es conocido que los purines reducen la permeabilidad de los suelos usados como pozos purineros, esto produce un autosellado que, entre un par de semanas a un par de meses, reducirá la permeabilidad del fondo del pozo de 10 a 100 veces (Salazar *et al,* 2003; Schulte, 1998).

Datos de campo registrados por Schulte (1998), también muestran que estas bajas tasas de infiltración ocurren sólo donde hay una capa de lodo adecuada y que el pozo de tierra continua lixiviando, a veces negativamente debido a que el sellado, conocido por ocurrir en el fondo del pozo, no es tan efectivo en las paredes del pozo, o porque el sellado en el fondo está quebrado.

Las paredes de los pozos de tierra son propensas a infiltrar debido a roturas causadas por variación de empapado y secado, agujeros generados por perforaciones de animales y gusanos, y pequeños canales debido a raíces de malezas. La mayor parte de la infiltración desde los pozos para almacenamiento de purines de ganado lechero y de feedlots, se origina desde las paredes de los pozos. Según Schulte (1998), estudios realizados en Minesota, demostraron que la infiltración de las paredes del pozo purinero, durante el primer año de operación, fue 8 veces mayor comparado con el fondo de éste.

Otra solución para evitar altos niveles de infiltración es el sellado artificial del pozo. Datos proporcionados por el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos (NRCS) indican que muchos suelos son capaces de ser compactados para reducir las tasas de filtración a 0,60 cm o menos por día. Infiltraciones mucho menores son posibles al realizar trabajos de compactación, además de la incorporación de una capa de arcilla (Schulte, 1998; Dumont, 20??). Sin embargo, estos datos tienen una amplia variabilidad, lo que indica que cada sitio debería ser evaluado por sus propios méritos y condiciones, lo que puede ser monitoreado durante la construcción. Estos métodos artificiales deben usarse para asegurar que la percolación no exceda los 0,635 cm/día, lo que se traduce aproximadamente en 76.386 litros/día/hectárea de filtración o cerca de 11,365 millones de litros por año (Schulte, 1998).

Los líquidos que infiltran a través de los pozos purineros contienen clorhidratos, potasio, amonio y compuestos orgánicos solubles. Nitratos son raramente encontrados en percolados desde esas estructuras de almacenamiento por dos factores. Primero, los pozos de almacenamiento de purines de tierra, piscinas y lagunas de retención del escurrimiento de feedlots son casi siempre anaeróbicas. Segundo, la percolación desde esas estructuras contienen grandes niveles de compuestos orgánicos solubles usados por las bacterias para remover inmediatamente los nitratos presentes o producidos, en la percolación (Schulte, 1998).

El tamaño y número de pozos a utilizar en un predio estará determinado por el volumen de los purines generados y la forma que tenga el predio. Sin embargo, el concepto general es tener la capacidad de almacenar todo lo que se produce en invierno y aprovechar los sectores de inclinación para que el sistema trabaje por gravedad. (Dumont, 2000). Es conveniente hacer dos o tres pozos de tamaño normal, manejable, distribuidos en el predio y no un gran pozo cercano al plantel y que será difícil de mezclar (homogenizar) y vaciar. Con volúmenes mayores a 800.000 litros es conveniente la construcción de dos o más pozos (INIA, 1999).

Salazar et al (2003), afirma que las aguas lluvia desde áreas no techadas, techos sin canalización y del agua lluvia que ingresa directamente al pozo purinero descubierto generan un aporte importante al volumen contenido en el pozo. Además, postula que existe un gran desconocimiento de los propios productores sobre los volúmenes generados en su predio. Según el estudio llevado a cabo en el sur de Chile, la mayoría de los productores (87%) colecta fecas y orina en pozo. Sin embargo, una baja cantidad de ellos tenía escasa capacidad o no contaba con un lugar para el almacenamiento (7%). Esta reducida capacidad de almacenamiento genera repetidas aplicaciones durante el año, muchas de estas durante periodos no adecuados.

Otra medida a considerar al momento de construir un pozo de almacenamiento es la ubicación de éste respecto a los corrales. La ubicación en sectores más alejados de la lechería o la engorda, donde se utilizará para ensilajes o cultivos. Así también se ahorra una cantidad importante de tubería. También debe considerarse el desarrollo a futuro de la masa animal del predio al momento de calcular el tamaño de pozo (INIA, 1999).

Respecto a la forma del pozo, se recomiendan los pozos redondos, por su facilidad de mezclado. Los taludes variarán con el tipo de suelo. Para suelos más livianos se recomienda dar inclinaciones de 1:1 o 1:2, es decir por cada 1 metro de profundidad, 1 o 2 metros de horizontal. Para suelos más firmes esta inclinación puede ser de 1: 0,5 (INIA, 1999).

La profundidad del pozo dependerá de las napas de aguas. De hecho, la capacidad del pozo (volumen efectivo), quedará definida por la aparición de la napa de agua. Si se continúa profundizando más allá de la napa, se consiguen dos efectos, primero diluir los purines y segundo contaminar esa napa de agua. Se debe tener en cuenta que el pozo es solamente para el almacenamiento de purines y no para toda la basura generada en el predio (INIA, 1999).

Biodigestores

La protección de la salud pública es el propósito fundamental del tratamiento de residuos orgánicos, seguido en importancia de la protección al medio ambiente. Por esto, es responsabilidad de personas proyectistas, investigadores científicos y gestores públicos involucrados, asegurar que los sistemas de tratamiento logren esta meta de protección (Peña, 2003).

La aplicación de la biotecnología a problemas medio ambientales está incrementando una concentrada atención. En particular, el uso de biodegradación anaeróbica que tratan las aguas residuales industriales, es una tecnología prometedora, debido a los bajos gastos requeridos y al potencial biogás que puede ser usado como fuente de energía. Sistemas anaeróbicos generan menores residuos sólidos que sistema aeróbicos, pudiendo manejar mayores cargas orgánicas y a diferencia de la mayoría de otros métodos de tratamiento, puede resultar en un incremento de ganancias (Kassam *et al,* 2002).

En el pasado, los biodigestores han sido considerados principalmente como una forma de producir combustible de los residuos de material orgánico. Debido al incremento del énfasis sobre un uso sustentable de los recursos naturales en sistemas silvoagropecuarios, hoy en día se ha apreciado que estos digestores deberían ser considerados desde una perspectiva mucho más amplia y específicamente en su rol potencial para el reciclaje de nutrientes de la planta, esto puede ayudar a reducir la dependencia de fertilizantes inorgánicos y hacer más fácil el crecimiento orgánico (Preston, 2005).

Los biodigestores se han constituido en una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias pues permiten: i) disminuir la carga contaminante, ii) mejorar la capacidad fertilizante del material, iii) eliminar los malos olores y, iv) generar un gas combustible denominado biogás el cual tiene diversos usos (Zapata, 1996).

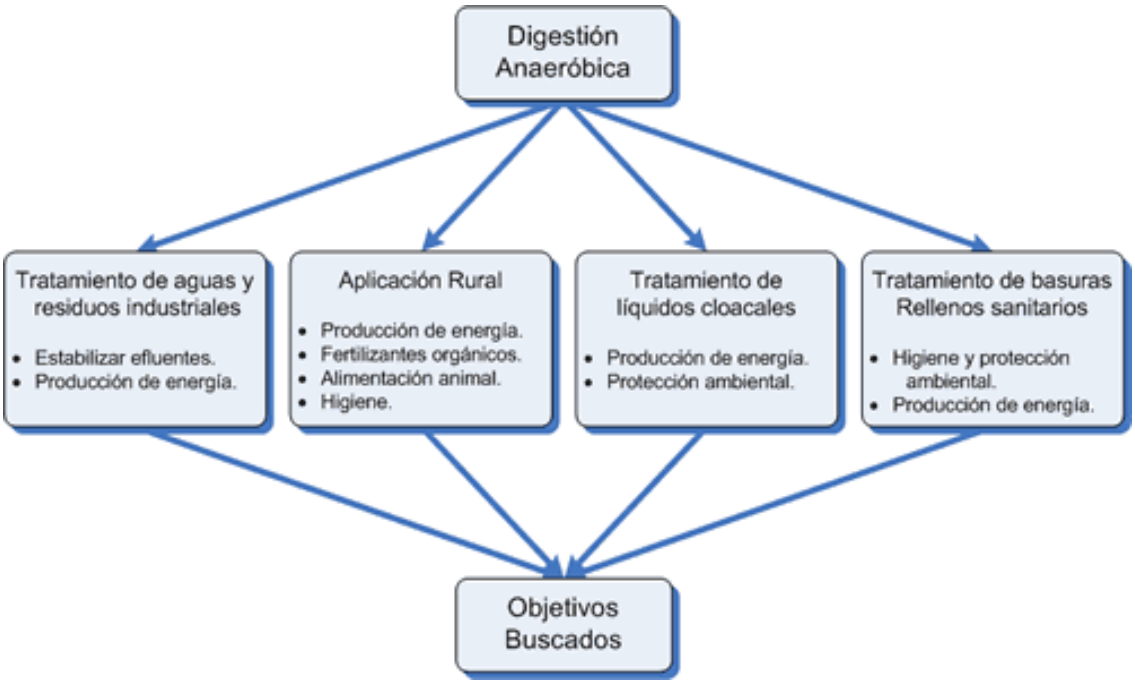


Figura 14: Implicancias de la digestión anaeróbica en el sistema. Fuente: Hilabert, 2005.

En la figura 14 se puede observar las distintas direcciones y aristas que puede abarcar un sistema de tratamiento agroecológico de residuos. La producción de energía es un componente transversal que está presente en las cuatro aplicaciones en que la digestión anaeróbica es posible. El objetivo final de la implementación de este sistema dependerá de cada situación particular y de los factores propios presentes en el sistema a tratar.

Los residuos orgánicos provenientes de la actividad ganadera son un constante problema para cada productor. Fecas, orinas, aguas de lavado y efluentes prediales son los principales componentes de los residuos a manejar (o eliminar) y en lo posible reciclar.

Según Preston (2005), en los sistemas agrícolas que tienden a ser sustentables, debería existir una relación cercana entre los distintos componentes que actúan recíprocamente en la conversión de energía solar y sustancias nutritivas de suelo en el origen del alimento animal y de la planta (Fig. 15)

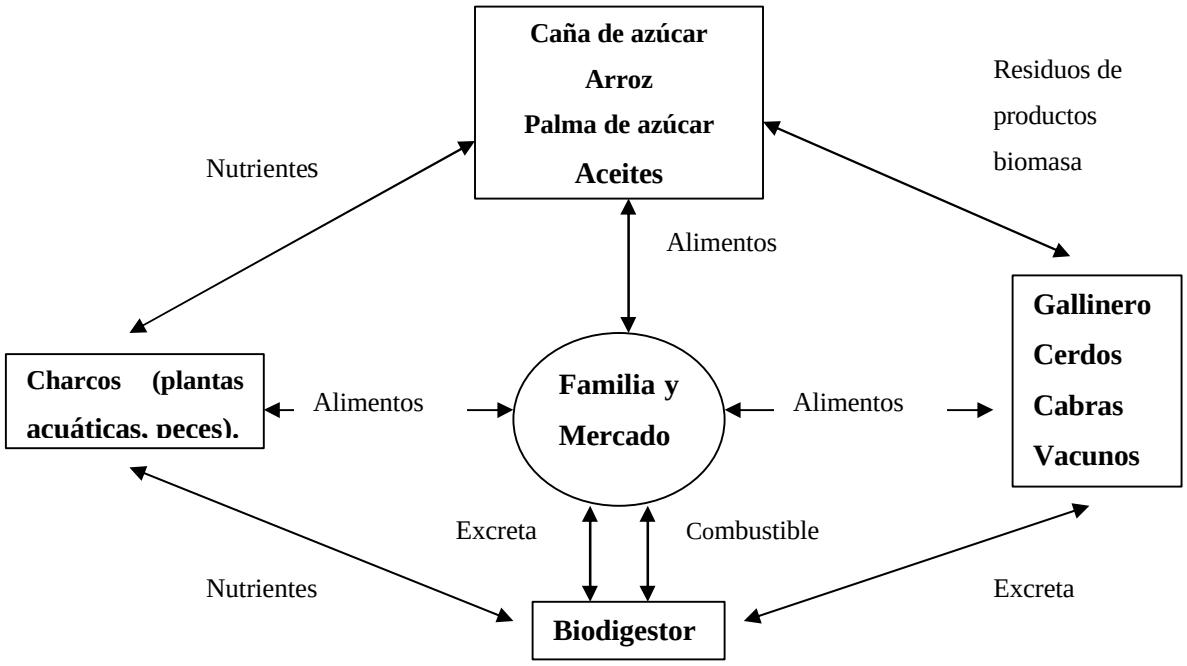


Figura 15: Sistema agrícola integrado. Adaptación de Preston 2005.

El biodigestor entrega productos y recibe sustratos dentro de este sistema integrado agrícola. En aldeas rurales y campesinas se ocupa en cantidades importantes los digestores para la producción de energía de hogares campesinos. Hoy en día, esta posibilidad se abre a sistemas de producción ganadera más intensivos, los cuales presentan un gran contenido de residuos orgánicos como materia prima para estos biodigestores.

Digestión anaeróbica

Consiste en la estabilización de la materia orgánica por acción de una variada gama de microorganismos, los cuales, por secreción de diversas enzimas, catalizan una gran cantidad de reacciones de oxido reducción, en las cuales no interviene el oxígeno. Para llevar a cabo esta digestión, se utilizan los biodigestores, los cuales pueden definirse como un tanque herméticamente cerrado que proporciona un ambiente anaeróbico y en donde ocurre la digestión del material (Rodríguez y Ureta, 1998).

Según INIA (2005), los beneficios de tecnologías de tratamiento anaeróbico con recuperación de biogas son los siguientes:

? El líquido obtenido del tratamiento es menos oloroso que el purín.

? Transformación de desechos orgánicos (purines) en fertilizante de alta calidad y biogás. Esto puede implicar beneficios económicos a través de la sustitución de fertilizantes y energía (calor, luz, electricidad).

? Mejoramiento de las condiciones higiénicas a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas. Aunque el nivel de destrucción de patógeno variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión.

? Ventajas ambientales a través de la protección del suelo, del agua, y del aire por la no contaminación por purines y por la sustitución de energías convencionales por energías renovables.

? Menor producción de lodos que degradación aeróbica.

? No se requiere aireación; menores costos energéticos.

? Menor sensibilidad a cambios de concentraciones del purín que en degradación aeróbica.

? Óptimo funcionamiento con altas cargas orgánicas.

? Entre sus principales limitaciones, se puede mencionar:

? Menor eficiencia en relación a la eliminación de la DBO.

? La puesta en marcha puede demorar algunos meses (1-6 meses).

? Sensible a ciertos inhibidores y compuestos tóxicos (ej.: O_2, H_2O_2, Cl_2, H_2S, HCN, SO_3).

? A menor temperatura ambiental el proceso resulta más lento.

? Debido a las condiciones reductoras del sistema, por acción de reacciones bioquímicas en ausencia de oxígeno, se producen otros compuestos (H_2S, mercaptanos, ácidos orgánicos y aldehídos) produciendo corrosión y malos olores si no existe un eficiente manejo.

Proceso

Las etapas diferenciadas que constituyen el proceso de la digestión anaeróbica son tres, la primera corresponde a la etapa hidrolítica, la segunda es la etapa fermentativa o acidogénica y la tercera es la etapa metanogénica (Kiely 1999, mencionado por González y Sandoval, 2005).

La primera fase es la hidrólisis de partículas y moléculas complejas que son hidrolizadas por enzimas extracelulares producidas por los microorganismos *fermentativos.* Como resultado se producen compuestos solubles, que serán metabolizados por las bacterias anaerobias en el interior de las células. Los compuestos solubles, básicamente diferentes tipos de oligosacáridos y azúcares, alcoholes, aminoácidos y ácidos grasos, son fermentados por los microorganismos *acidogénic*os que producen, principalmente, ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, dióxido de carbono e hidrógeno. Los ácidos grasos de cadena corta son transformados en acético, hidrógeno y CO2, mediante la acción de los microorganismos *acetogénicos.* Finalmente ocurre la *metanogénesis*, que produce metano principalmente a partir de acético y a partir de H2 y CO2 (Campos, 2001)

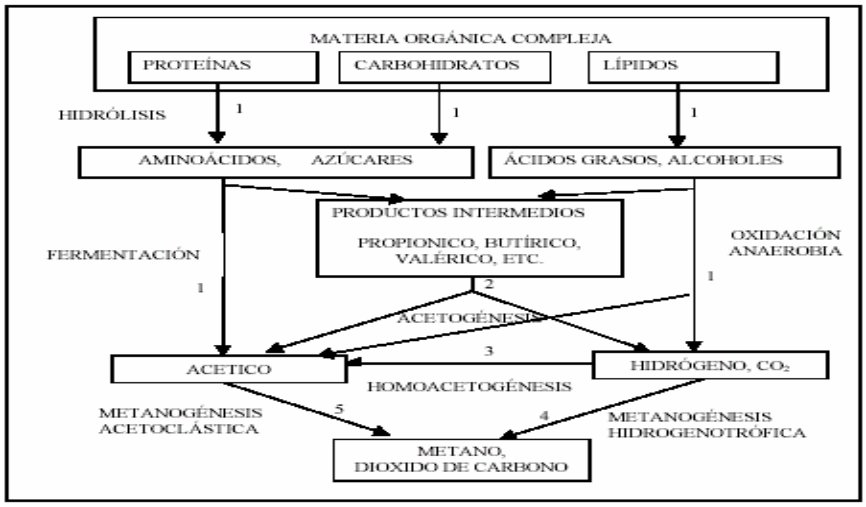


Fig. 16: Esquema de reacciones de la digestión anaerobia de materiales poliméricos (Pavlostathis y Giraldo – Gómez, 1991 mencionado por Campos 2001). Los números indican la población responsable del proceso; *1: bacterias fermentativas; 2: bacterias acetogénicas que producen hidrógeno; 3: bacterias homopacetogénicas; 4: bacterias metanogénicas hidrogenotróficas; 5: bacterias.*

En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico (Muñoz *et al*., 1987 en Campos 2001). La digestión anaeróbica es uno de los procesos más utilizados, para el tratamiento de purines, en el que la materia orgánica es transformada biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas, en metano y Dióxido de carbono (biogás), (Metcalf y Eddy, 1998 en Campos 2001).

Además de esta corriente gaseosa, se produce también una suspensión acuosa de materiales sólidos (lodos), en los que se encuentran los componentes más difíciles de degradar, la mayor parte del nitrógeno y el fósforo y la totalidad de los elementos minerales K, Ca, Mg, etc. (Campos, 2001).

Factores que afectan la degradación en Digestores Anaeróbicos

Entre los factores que van a influir en la depuración de la materia orgánica (y posterior obtención de biogás) dentro del reactor se encuentran (Hilabert, 2005; Caviedes y Vergara, 1998; Campos, 2001; González y Sandoval, 2005):

- Tipo de sustrato
- Temperatura
- Ph
- Tiempo de Retención Hidráulico
- Relación Carbono / Nitrógeno
- Carga de Sólidos
- Grado de mezclado
- Inhibidores y Minerales

Al tener un tipo de sustrato definido y único en el tiempo, se debe poner especial énfasis en aquellos factores que puedan presentar variaciones y desbalances en el residuo. En lo que corresponde a estiércol animal, el volumen producido por las distintas especies son variables debido fundamentalmente al peso, tipo de alimentación y manejo de los novillos.

El estiércol producido en engordas bovinas presenta altos porcentajes de MS. Esto se puede atribuir al tipo de dieta que se entregan en feedlots, como también a la digestibilidad que ésta presenta.

En términos de infraestructura, los galpones y corrales de engorda usados en estos sistemas son a suelo descubierto en gran parte del corral, mientras que sólo la vereda de alimentación (2m de ancho) presenta una superficie cubierta de cemento, tierra compactada o algún otro material impermeabilizante. La mayor depositación de fecas es producida en el sector del corral que está a suelo desnudo, lo que obliga a manejar fecas con un alto contenido de materia seca (debido a pérdidas ocurridas en ese lugar). En el sector de la vereda ocurre algo similar, la feca se acumula y pierde humedad, pero en menor grado ya que existe una continua depositación de estiércol reteniendo y disminuyendo las pérdidas de humedad.

Este tipo de características propias de una engorda bovina, hace que el manejo de los purines sea distinto desde la composición misma del estiércol hasta el tratamiento ambiental implementado.

Uno de los principales factores que influye en la eficiencia de los digestores anaeróbicos es la temperatura de funcionamiento. Para que un digestor anaerobio trabaje adecuadamente es necesario mantener una temperatura óptima entre 30 – 37º C lo que implica un gasto por la incorporación de energía, la que se suministra generalmente, a través de un termorreactor o un intercambiador de calor (Metcalf y Eddy 1998, mencionado por González y Sandoval, 2005).

La actividad biológica y por lo tanto la producción de gas aumenta con la temperatura. Al mismo tiempo se deberá tener en cuenta que al no generar calor el proceso, la temperatura deberá ser lograda y mantenida mediante energía exterior. (Hilabert, 2005).

Tabla 6: Características de las bacterias presentes en la biodigestión.

Bacterias	Rango de Temperaturas	Sensibilidad
Psicrofílicas	Menos de 20 º C	+- 2.0 º C / hora
Mesofílicas	Entre 20 y 40 º C	+- 1.0 º C / hora
Termofílicas	Más de 40 º C	+- 0.5 º C / hora

Fuente: Hilabert, 2005.

La producción de biogás depende de la temperatura; en el rango termofílico se produce una mayor cantidad de gas que en el rango mesofílico, a igual tiempo de digestión.

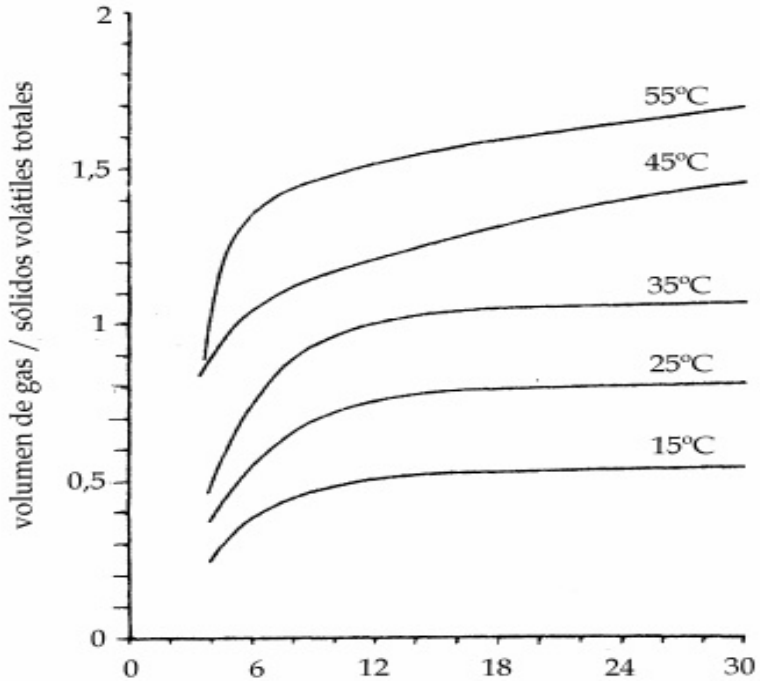


Figura 17: Influencia de la temperatura sobre la producción de biogás. Fuente: Hilabert, 2005.

En la Figura 17 se ven las relaciones típicas que existen entre la producción de gas y la temperatura con diferentes tiempos de retención. Por ejemplo, en un digestor donde los residuos permanecen 12 días, la producción de gas por unidad de sólidos volátiles totales añadidos diariamente, es 20% mayor a 45° C que a 35° C (Carrillo, 2003).

Los microorganismos anaeróbicos necesitan un pH en torno a la neutralidad para su correcto desarrollo, aunque permiten cierta oscilación (Clark y Speece, 1989 mencionado por Campos, 2001).

En operación normal de un digestor, el pH fluctúa entre 6.8 y 7.6 siendo un buen índice del equilibrio ecológico requerido (Alkalay, 1997). Una vez estabilizado el proceso fermentativo el pH se mantiene en valores que oscilan entre 7 y 8,5 (Hilabert, 2005).

Un aumento en el pH es índice de exceso de amoníaco; en tanto que una disminución en el pH es índice de un aumento en el contenido de ácidos grasos volátiles, lo que provoca una menor producción de biogás (Alkalay, 1997).

El tiempo de retención hidráulico (TRH) y el tiempo de retención de sólidos (TRS) son los tiempos promedios que las porciones liquidas y sólidas permanecen en el digestor (Van Haren y Fleming, 2005).

El límite mínimo del T.R. está dado por la tasa de reproducción de las bacterias metanogénicas debido a que la continua salida de efluente del digestor extrae una determinada cantidad de bacterias que se encuentran en el líquido. Esta extracción debe ser compensada por la multiplicación de las bacterias que pertenecen dentro del reactor (Hilabert, 2005).

El tiempo de retención, junto con la velocidad de carga, determinada por el tipo de substrato, son los principales parámetros de diseño, definiendo el volumen del digestor. La fracción de materia orgánica degradada aumenta al aumentar el TRH, sin embargo la producción volumétrica de metano (producción por unidad de reactor) disminuye, una vez superado el óptimo. Es por tanto necesario determinar para cada tipo de residuo y de digestor el tiempo de retención que optimiza el proceso (Campos, 2001)

El contenido de sólidos volátiles controla la tasa y cantidad de producción de biogas. La conversión de sólidos volátiles a productos gaseosos es controlada por el tiempo de retención hidráulico. Por lo tanto, el diseño del tiempo de retención es una función de la disposición final de la digestión de lodos, por ejemplo: aplicación a la tierra o incineración (Malina y Pohland, 1992)-

Tabla 7. Tiempo de retención hidráulico en diferentes tipos de estiércol.

Materia Prima	T.R.H
Estiércol Vacuno Liquido	20 – 30 Días
Estiércol Porcino Liquido	15 – 25 Días
Estiércol Aviar Liquido	20 – 40 Días

Fuente: Hilabert, 2005.

El Carbono y Nitrógeno son las fuentes principales de alimentación de las bacterias formadoras de metano; el carbono como fuente de energía, y el nitrógeno como formador de nuevas células (Valles et al, 1980 mencionado por Langer y Rodolfo, 1985).

Las bacterias que actúan en este proceso de digestión consumen treinta veces más carbono que nitrógeno (Caviedes y Vergara, 1988; Langer y Rodolfo, 1985). Si existiera exceso de nitrógeno, se pedrería como amoníaco. Al perderse N en esta forma, disminuye el valor del sustrato después de fermentado (Caviedes y Vergara, 1988).

Experimentalmente, se ha demostrado que una carga en el digestor que contenga entre un 7 y 9% de sólidos es la óptima para la digestión (Alkalay, 1997). Según Hilabert (2005), en este punto tampoco existen reglas fijas; mediciones realizadas utilizando mezclas de estiércoles animales en agua han determinado que para digestores continuos el porcentaje de sólidos óptimo oscila entre el 8% y el 12%.

La concentración de sólidos en el lodo alimentador controla, actualmente, la carga y el tamaño del digestor anaeróbico (Malina y Pohland, 1992; Carrillo, 2003, Hilabert, 2005; Van Haren y Fleming, 2005, Moncayo-Romero, 2003).

Tabla 8: Recomendaciones de manejo.

	Sólidos Totales (%)						
	0	5	10	15	20	25	30
Purín	Agua adicionada			Adición de material de camas			
	Tal cual excretado						
Clasificación	Liquido	Purín	Semi - Sólido			Sólido	
Opciones de manejo	Bombeo			Raspado		Raspado y montón	
Producción de biogás	Recomendado			No recomendado			
Tipo de digestor	Laguna cubierta	Mezcla completa	Flujo continuo				

Fuente: Adaptado de AgStar, 2004 mencionado por Van Haren y Fleming, 2005.

En la Tabla 8 se entregan distintos parámetros con sus respectivas recomendaciones en torno a las concentraciones de sólidos totales que presentan dichos componentes. Cada predio presenta una única y particular realidad, la cual debe ser analizada como tal y plantear un manejo asociado a esta y no un manejo de forma estándar. Los porcentajes

entregados son aproximaciones de los valores reales que se pueden presentar en los rebaños ganaderos, pero no implica trabajar exclusivamente con estos porcentajes, sino más bien llevar a entender la necesidad de analizar estos parámetros en cada sistema de producción con su correspondiente funcionalidad.

Los objetivos buscados con la agitación son: remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanógenicas, mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, evitar la formación de costra que se forma dentro del digestor, uniformar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios "muertos" sin actividad biológica (Hilabert, 2005). Rutchen *et al*, 1981 citados por Langer y Rodolfo, 1985 concluyen que la agitación aumenta la producción de gas y disminuye el tiempo de retención hidráulica.

Campos (2001) afirma que la magnitud de toxicidad observada o recogida es una función de diversos factores, incluyendo concentración, antagonismos, sinergismos, formación de complejos y aclimatación. La concentración es el único factor que usualmente se considera, lo que lleva a afirmaciones absolutistas, muchas veces erróneas.

Dado que la fermentación metánica tiene etapas realizadas por microorganismos estrictamente anaerobios, el primer inhibidor a citar es el oxígeno, cantidades de este elemento del orden de 1u gr./ml resultan inhibitorias, como también lo pueden ser el pH y el ion amonio a concentraciones superiores a 3000 mg/l (Valles *et al*, 1980 mencionado en Langer y Rodolfo, 1985).

Productos Finales de la Digestión Anaeróbica

Los productos obtenidos, una vez realizado el proceso de digestión anaeróbica son: biogas y bioabono (líquido y sólido).

Biogas

Se llama biogás a la mezcla constituida por metano (en una proporción que oscila entre un 50 a un 70%) y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrogeno (Hilabert, 2005).

El biogas es convertido de sólidos volátiles. Por lo tanto, la producción potencial de biogas es limitada por la cantidad de sólidos volátiles adheridos al digestor. La productividad de metano en términos de sólidos volátiles destruidos es conocida como el "rendimiento teórico de metano" (si hay completa degradación de todos los componentes orgánicos en el purín). La siguiente tabla muestra valores calculados por Moller, 2004 citado por Van Haren y Fleming, 2005.

Tabla 9: Rendimiento metano para estiércol de un rebaño ganadero.

Especie Animal	Productividad de metano (L CH_4 / kg. SV)
Cerdo	516 +- 11
Chanchilla	530 +- 6
Vacuno	468 +- 6

Fuente: Van Haren y Fleming, 2005.

Como se mencionó anteriormente, el biogas está compuesto en un 50 a 70% de metano y un 30 a 50% de dióxido de carbono, además de contener hidrogeno sulfurado y otros gases de menor importancia. El contenido de Energía Bruta es de 21,5 MJ / m3 de biogas (con 60% de metano). Esto significa una producción aproximada de 6,35 kWh de corriente eléctrica por metro cúbico (Kaiser *et al*, 2002; Werner *et al*, 1989 citado por Zapata, 1996).

La composición o riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. En la Cuadro 2 se muestran valores medios de composición del biogás en función del substrato utilizado. En el punto de residuos agrícolas se encuentran todos aquellos que se producen en un predio agropecuario en general, es decir desde solo vegetales hasta una mezcla completa de estiércoles, rastrojos, frutas, etc. El potencial calorífico inferior del biogás es aproximadamente de 5.250 kcal/m3, para una riqueza en metano de 60% (Campos, 2001)

Cuadro 2: Componentes del biogás en función del sustrato

Componente	Residuos agrícolas	Lodos de depuradora	Residuos industriales	Gas de vertedero
Metano	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
Dióxido de carbono	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
Sulfuro de hidrógeno	100-700 ppm	0-1%	0-8%	0.5-100 ppm
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Monóxido de carbono	0-1%	0-1%	0-1%	Trazas
Nitrógeno	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
Oxígeno	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
Compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 ppm (terpernos, esteres,...)

Fuente: Campos, 2001 citando a Coombs, 1990-

Uno de los componentes no deseados es el ácido sulfídrico (H_2S), por cuanto posee características corrosivas y al ser oxidado produce anhídrido sulfuroso. El contenido variable de ácido sulfídrico puede deberse a un exceso de estiércol en el digestor o a una falta de prefermentación de las sustancias celulósicas. La presencia de anhídrido carbónico disminuye el contenido calórico del biogas por unidad de volumen; por lo que es preferible disminuir su porcentaje. Otros investigadores aconsejan no remover el anhídrido carbónico debido a su característica antidetonante (Caviedes y Vergara, 1988).

Usos del Biogás

La producción diaria de biogás va a estar influenciada por una serie de factores, los cuales ya han sido mencionados anteriormente. A estos factores se les debe sumar aquellos que están fuera de la bioquímica misma del digestor. La dieta alimenticia entregada al animal, el tipo de animal, el clima de la zona del predio y el tipo de producción realizada (carne, leche) son fundamentales a la hora de obtener rendimientos más o menos eficientes de biogas. Por esta razón es muy probable encontrar valores bastante diferentes en torno a la producción de m3 de biogas por MS digerida. Problemas en la eficiencia del sistema y diversos manejos productivos, hacen que los valores de producción sean entregados con

rangos de gran amplitud. En la Tabla 10 se entregan cantidades de biogas obtenidos de distintas fuentes.

Tabla 10. Producción de biogas.

m3 de biogas /kg. SV estiércol	Revisión Bibliográfica.
0.75 – 1	Molina y Pohland, 1992.
0.486	Samani y Macías – Corral, 2004.
0.132 – 0.230	Kaiser y Póvez, 2005
0.535	Minagri Chile 1984, en Langer y Rodolfo, 1985

Fuente: Elaboración Propia.

La variación en los rangos de producción de biogás entregados la Tabla 10, permiten establecer la complejidad e incertidumbre a la hora de instaurar un sistema de manejo de residuos con producción de biogás. Si bien el sustrato analizado en este informe es de los más estables y cumple con las mejores características para la producción de biogás, no es un sustrato fácil de manejar, esto quiere decir que el estiércol tiene que cumplir con una serie de condiciones muy difíciles de lograr en sistemas de producción bovina de carne. En la práctica todas estas condiciones se vuelven dificultades debido al sistema de manejo que debe ser adquirido. Los altos costos de implementación y la dependencia de factores ajenos al manejo antrópico reflejan los grandes intervalos de biogás producidos por kilo de estiércol bovino.

A pequeña y mediana escala, el biogas ha sido utilizado en la mayor parte de los casos para cocinar en combustión directa en estufas simples. Sin embargo, también puede ser utilizado para iluminación, para calefacción y como reemplazo de la gasolina o el acpm (combustible diesel) en motores de combustión interna (Zapata, 1996).

Según IICA (2004) un metro cúbico de biogás totalmente combustionado es suficiente para:

- Generar 1.25 kw/h de electricidad.
- Generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt.
- Poner a funcionar un refrigerador de 1 m3 de capacidad durante 1hora.
- Hacer funcionar una incubadora de 1 m3 de capacidad durante 30 minutos.

✍ Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.

En la siguiente tabla se muestran algunas equivalencias de un m3 de biogas:

Tabla 11: Equivalencias del biogás.

1 unidad animal	6,6 – 35 toneladas estiércol / año
1 tonelada de estiércol	20 – 35 m3 biogás
1 m3 biogás	0,5 – 0,7 m3 metano
1 m3 biogás	5,0 – 7,0 kWh total
1 m3 biogás	1,5 – 3 kWh eléctrico
1 m3 biogás	2,0 – 4,2 kWh calórico
1 m3 biogás	0,6 litros de petróleo

Fuente: Kaiser y Póvez, 2005.

La gran mayoría de los autores hacen referencia a la importancia que tienen los factores de TRH, Temperatura y Concentración de Sólidos en el proceso de digestión anaerobia. Haciendo alusión a esto, es importante aclarar que en rebaños ganaderos, en especial los sistemas de producción de carne, es preciso tener un manejo adecuado en el transporte del estiércol desde los corrales, canales y caminos (producidos generalmente por las fuertes lluvias), ya que el porcentaje de pérdidas tanto por evaporación como por percolación y lixiviación disminuiría la eficiencia en la producción neta de biogas diaria. La constante de obtención del biogas corresponde principalmente a rebaños de mayor envergadura, con mayor tecnología y capital de inversión. En lo que respecta a predios menores, estos deben fijar su propia eficiencia en la ordenación predial para obtener una optimización en el uso de los escasos recursos económicos.

Actualmente, la producción de biogás se encuentra atada a muchos factores dentro de la ganadería nacional. Mientras no exista una real intención de aplicar estos sistemas ecológicos como verdaderas soluciones a problemas medio ambientales, no existirá un desarrollo importante en el manejo de residuos orgánicos. La obtención de productos secundarios como lo son efluentes, bioabono, biogás y otros, hace del biogás algo promisorio, pero que aún se encuentra sometido a situaciones adversas que son muy difíciles de superar hoy en día.

Bioabono

El bioabono es un fertilizante orgánico inerte e inodoro, con una fase líquida llamada efluente o sobre nadante, y otra sólida llamada lodo. El material fermentado usado como abono contiene un 1,7% de nitrógeno, posee pH entre 6,5-7,9 y es de mejor calidad y efecto, sobre los cultivos que el estiércol de vacuno fresco (Cavides y Vergara, 1988). En el proceso de fermentación se remueven sólo los gases generados (CH4, CO2, H2S) que representan del 5% a 10% del volumen total del material de carga. Se conservan en el efluente todos los nutrientes originales (N, P, K) contenidos en la materia prima, que son esenciales para las plantas (IICA, 2004).

Según la composición del bioabono sería como muestra en la Tabla 12:

Tabla 12. Composición del Bioabono MS.

Componentes	
pH	7,5
Materia orgánica	85 %
N	2,6 %
P	1,5 %
K	1,0 %

Fuente: Mandujano; Félix; Martinez, citado por Caviedes y Vergara, 1988.

Generalmente al hablar de efluentes se entiende por la fracción liquida que queda después de algún proceso sobre una materia prima determinada. Al hablar de efluentes de biodigestores, esta situación varía un poco. Durante el proceso anaerobio parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor que en el influente. Se trata, además, de un producto más mineralizado que el influente, con lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico (Campos, 2001).

El efluente producto de la fermentación metánica y que consiste en una suspensión negruzca, que sedimenta fácilmente y tiene un ph aproximadamente neutro, es constituido

por una serie de componentes inorgánicos solubles e insolubles (sales y ácidos), por diferentes materiales orgánicos no digeridos (proteínas, grasas, celulosa, lignina, etc.) y por bacterias tanto responsables del proceso como otras (Flores *et al;* 1981 mencionado por Langer y Rodolfo, 1985).

Según Zapata (1996) el proceso de biodigestión entrega un efluente con una calidad nutricional mejor que la de la materia prima inicial:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH4+), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno (Hohlfeld y Sasse 1986 en Zapata, 1996).

- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.

- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión (Hohlfeld y Sasse 1986 en Zapata, 1996). En condiciones de laboratorio, con temperaturas de 35º C los coliformes fecales fueron reducidos en 50 – 70% y los hongos en 95% en 24 horas (Marchaim 1992 citado por Zapata, 1996).

Efluente liquido

Presenta ventajas como la alta disponibilidad de nutrientes y la buena absorción por parte de las plantas, puede aplicarse inmediatamente al salir del digestor, o almacenarse en tanques tapados por un periodo no mayor a 4 semanas, para evitar altas pérdidas de nitrógeno (IICA, 2004).

Según Gomero (2005), el abono líquido es una fuente orgánica de fitoreguladores de crecimiento como el ácido indol acético (auxinas) y giberelinas que promueven actividades

fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas. También, favorece al enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), actúa sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas. Debe utilizarse diluido en agua, en proporciones que pueden variar desde un 25 a 75 por ciento. Todos estos efectos van a depender de los nutrientes y composición que tengan los purines y materia prima en general del digestor.

Tabla 13: Comparación de componentes nutricionales en Efluentes.

Material	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)
Sólido	650	40	9400
Líquido	500	15	2000

Fuente: Gomero, 2005.

Efluente Sólido

El lodo final generado es de aproximadamente un 3% del material inicial (Wetland, 2006) y puede ser utilizado de distintas formas. Estas van a depender de las características propias del rebaño y también del tipo de manejo realizado en el plantel ganadero.

El bioabono sólido al almacenarse para usarlo posteriormente puede producir pérdidas por volatilización hasta 60%, sobre todo de nitrógeno (Decara *et al;* 2004).

A continuación se entrega una tabla con valores del lodo obtenido después de realizada una digestión anaeróbica (Langer y Rodolfo, 1985):

Tabla 14. Parámetros evaluados luego de digestión anaeróbica en lodos.

Tipos de Análisis		Días de toma de muestras (%)			Variación (%)/1
		1	26	57	
Materia Seca	2	6,2	4,28	3,9	37,1
Sólidos Volátiles	2	70,2	67,9	63,0	10,2
Cenizas Totales	2	29,5	32,2	35,9	17,8
Extracto Etéreo	2	4,12	4,41	3,42	n.c.
Proteína Bruta	2	17,2	17,7	16,9	s.v.
Fibra Cruda	2	14,3	9,8	10,3	27,9
Total Nutrientes Digestibles	2	37,4	31,9	24,1	35,5
Nitrógeno Amoniacal	2	0,1138	0,14	0,141	23,8
EM (Mcal / Kg.)	2	1,35	1,15	0,87	35,5
Fósforo Total (P2O5)	2	1,55	1,47	2,16	28,2
Soluble en ác.	2	0,8	0,88	1,06	24,5
Soluble en agua	2	0,57	0,29	0,22	61,4
Potasio	2	2,49	4,7	8,2	229,3
Calcio	2	2,24	1,96	2,41	7,0
Magnesio	2	1,21	1,21	1,07	s.v.
Materia Orgánica	2	64	69	53,5	16,4
Carbono	2	37,12	40	31,04	16,3
Nitrógeno Total	2	2,48	2,94	2,84	12,6
Nitrato	2	0,225	0,425	0,461	51,1
Relación C/N	3	14,9:1	13,6:1	10,9:1	26,8

Fuente: Langer y Rodolfo, 1985.

1/: % de variación entre el día uno y 57

s.v.: sin variación.

2/: base materia seca.

3/: calculado a base de los datos de carbono y nitrógeno n.c.: no claro.

Las características vistas en los efluentes son un gran aporte a la ganadería y no sólo a esta sino también a los sistemas agroproductivos en general. La calidad de los productos obtenidos (tanto sólidos como líquidos) es de alta importancia en términos energéticos y económicos. Los beneficios para el agricultor son bastante altos respecto a los perjuicios que puede tener al utilizar estos componentes. Por otro lado, el daño ambiental que estos residuos pueden ocasionar al ecosistema si no son manejados de correcta forma son notablemente disminuidos al ser usados en el mismo campo. Si bien, a lo largo de los años estos han sido utilizados continuamente, esto no implica que sean aplicados de forma correcta. Se requiere una buena gestión en el manejo de estos desechos orgánicos, ya que es muy fácil cometer errores en la obtención y posterior aplicación.

Se debe tener claro que los purines constan de dos fases distintas a manejar: fase sólida y fase líquida. Ambas presentan composiciones y manejos distintos, los cuales el productor debe conocer obligadamente para así poder realizar la mejor y más adecuada administración de sus enmiendas orgánicas.

Tipos de Digestores

Los biodigestores se clasifican según su tipo de carga en:

- De lote o Bach
- Régimen Semi continuo
- Horizontales
- Régimen Continuo
- UASB

Digestores por Lote

Se carga una vez y en forma total, o por intervalos, durante varios días, y la descarga se efectúa cuando han dejado de producir gas combustible (Decara *et al*, 2004). Es aplicable cuando se presentan problemas de manejo o cuando la materia orgánica está disponible de forma discontinua (Issaly y Freire, 2004). Consisten en tanques herméticos

con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogas (Alkalay, 1997).

Digestores de Régimen Semi Continuo

Este digestor es el prototipo de la sencillez en su concepción y su operación, pues fue ideado para ser manejados por campesinos de muy escasa preparación. El proceso difiere del convencional de una fase en que la carga de sólidos es mucho mayor (González y Sandoval, 2005).

Digestores Horizontales

Se construyen enterrados y son poco profundos y alargados, semejando un canal y de sección transversal circular, cuadrada o en «V». Se opera a régimen semi continuo y se recomienda cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores a los 15 m^3 (Issaly y Freire, 2004). Utilizan el sistema de operación semi continuo, entrando la carga por un lado y saliendo el lodo, por el otro extremo (Decara *et al,* 2004)

Digestores de Régimen Continuo

Fueron desarrollados principalmente para el tratamiento de aguas negras, extendiéndose su uso, en la actualidad, al manejo de otros sustratos. Por ser plantas muy grandes y contar con equipamiento apropiado, este tipo de plantas genera una gran cantidad de biogás, el que es aprovechado en aplicaciones industriales (Alkalay, 1997; Decara *et al*, 2004).

UASB

El sistema es capaz de manejar las altas tarifas de carga volumétricas de demanda de oxígeno química de 10-15 kilogramos y cortos tiempos hidráulicos. El UASB es un sistema

confiable, y puede manejar hasta un máximo de total del 15 % alimentos sólidos suspendidos (Guiot *et al*, 2002).

El diseño de un reactor UASB consiste en una zona de reacción en la parte inferior, en la que se acumula la biomasa, la de mejor sedimentación en el fondo y encima los lodos más ligeros, formando todo el lecho de lodos. Un separador gas –sólido - líquido en la parte superior, impide la salida de los sólidos del reactor, separándolos del gas producido y del efluente líquido. Las grandes concentraciones de biomasa con elevada actividad que se consiguen, permiten el funcionamiento a altas velocidades de carga orgánica con buenas eficacias de eliminación (Ruiz *et al*, 2000).

A nivel nacional, la producción de biogás está muy lejos de convertirse en una actividad productiva a la par del sistema de engorda bovina. Las condiciones económicas, culturales, políticas y ambientales juegan un rol determinante al momento de implementar estos elementos ecológicos como parte fundamental de la cadena productiva. Si bien existen estudios recientes que atisban ciertos argumentos garantizando la obtención de energía a partir de residuos orgánicos, aún no se comprueba el funcionamiento real y en terreno de dichos mecanismos.

Por otra parte, la característica y tradición de la ganadería nacional no está conciente del manejo necesario sustentable que debe tener toda actividad pecuaria y agrícola en general, sino que se limita a esperar la fiscalización correspondiente para recién ahí tomar medidas respecto a la contaminación producida por sus sistemas.

Finalmente, las características físico – químicas (descritas en otro capítulo) de los purines sumadas a las propias de los sistemas de alta producción, no permiten el mejor de los manejos ambientales respecto a los desechos de la producción animal. La conversión de estos sistemas de engorda intensiva a sistemas de ganadería ecológica -en torno a un ordenamiento predial- permitirá optar a productos derivados de un correcto manejo de residuos como lo es la producción de biogás.

Actualmente en Chile, sólo grandes empresas cuentan con un manejo industrial de residuos orgánicos por medio de biodigestores. La ganadería nacional aún no implementa estos sistemas en sus producciones de engorda. Ha habido acercamientos e interés por contar con dichos manejos, pero el alto costo de inversión inicial que ellos implica son el

freno que existe para la utilización de la digestión anaeróbica a nivel de de pequeño, mediano y gran productor pecuario.

Pantanos Artificiales (Wetlands)

Los humedales y los sistemas acuáticos son aquellos que utilizan plantas acuáticas y animales para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Los sistemas de tratamiento acuático cubre un rango amplio de tipos de sistemas dentro de los cuales se incluyen una gran variedad de sistemas humedales artificiales, sistemas de plantas acuáticas flotantes y la combinación de estos (Crites *et al*, 2000). Su historia se remonta a la Dra. Seidel, quién investigando la contaminación de ríos en Alemania llegó a la conclusión que los altos niveles de contaminación se reducían drásticamente cuando las aguas pasaban por pantanos naturales, fenómeno que se explica porque en las raíces de las plantas se encuentra la mayor concentración de bacterias en la naturaleza. Las plantas de pantano (acuáticas) tienen la propiedad de captar el aire en la superficie y transportarlo hasta sus raíces propiciando la aireación natural de la zona adjunta a ellas o rizósfera. Imitando el eficiente sistema de la naturaleza, la Dra. Seidel optimizó este sistema para limpiar el agua de desperdicio de diversa procedencia, generada por el hombre, sin gasto energético alguno (Cumsille y Mira, 2005).

Sistemas Naturales

Los wetlands naturales son las áreas de transición entre sistemas acuáticos y terrestres, como se puede ver en la figura 18. Estas son áreas que se encuentran húmedas durante parte o todo el año debido a su ubicación en el paisaje. Los wetlands pueden ser llamados pantanos, humedales, ecotones, sloughs, marshes o bogs dependiendo del tipo de plantas en esas áreas como también su locación geográfica (Sundaravadivel y Vigneswaran, 2001).

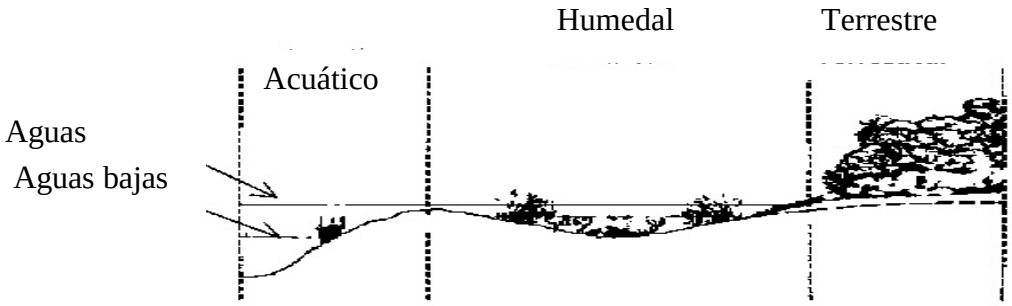


Figura 18. Zona de formación de wetlands naturales en el paisaje. Fuente: Hammer, 1990 citado en Sundavaradivel y Vigneswaran, 2001.

Los humedales pueden tratar con efectividad altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno, así como niveles significativos de metales, trazas orgánicas y patógenos (Peña, 2003).

Los minerales y substancias nutritivas que acarrean los flujos regulares enriquecen las tierras y costas pantanosas como los mangles y los prados de hierbas marinas, uno de los ecosistemas más productivos del planeta. Aunque las zonas pantanosas cubren sólo un 3% de la superficie del planeta, son vitales para nuestro ambiente. Actúan como esponjas que acumulan y absorben el exceso de agua, la filtran y limpian cuando va manando (Melbourne Water, 2004).

Wetlands naturales son comúnmente resguardados como llaves ecosistemicas para la preservación de diversidad de especies, por ejemplo, peces, anfibios, invertebrados acuáticos y aves. Tener conocimiento que sobre el 60% de los wetlands naturales del mundo han desaparecido en el siglo pasado (Innis *et al; 2000* citado por Benyamine *et al*, 2004), ha focalizado la atención de científicos sobre la conservación de la existencia y creación de nuevos wetlands (Benyamine *et al;* 2004).

Wetlands Artificiales

Como definición de wetlands artificiales, Gelt (1997) plantea: "*Wetland es un lugar de tratamiento de aguas. Duplicando el proceso que ocurre en forma natural en los humedales, los wetlands artificiales son complejos sistemas integrados en los cuales el*

agua, planta, animales, microorganismos y el ambiente –aire, sol y suelo- interactúan en la mejora de la calidad del agua".

Los sistemas artificiales de wetlands fueron inicialmente desarrollados hace 40 años atrás en Europa y USA para explotar y mejorar la capacidad de biodegradación de las plantas. Las ventajas de estos sistemas incluyen bajos costos de construcción y operación, siendo apropiados para pequeñas comunidades y como tratamiento final de aguas municipales. Una desventaja de este sistema es su relativamente lenta tasa de operación en comparación a la tecnología convencional de tratamiento de aguas residuales (Shutes, 2001).

Los sistemas wetlands pueden actuar como filtros removiendo material particulado, como sumideros acumuladores de nutrientes o como transformadores convirtiendo nutrientes a diferentes formas, tales como componentes gaseosos de nitrógeno y carbono. Recientes investigaciones han mostrado que los wetlands artificiales pueden remover sedimentos y nutrientes de fuentes no especificas incluidas descargas agrícolas (Fleischer *et al*, 1994; Mitsch, 1994; Raisin y Mitchell, 1995; Whigham, 1995; Jordan *et al.*, 1999 citados por Jordan, 2003).

Funcionamiento general de un sistema wetland artificial.

El proceso del sistema wetlands está cada vez siendo más usado en el tratamiento de aguas residuales, esto es para controlar materia orgánica, nutrientes tales como nitrógeno y fósforo y sedimentos suspendidos. El proceso wetland es también factible para controlar trazas de metales y otros materiales tóxicos. Adicionalmente, el tratamiento ha sido usado para tratar el drenaje ácido generado por los metales o actividades de explotación de carbón (FRTR, 2002).

Las plantas acuáticas que constituyen la base de la tecnología de los wetlands, tienen la propiedad de inyectar grandes cantidades de oxígeno hacia sus raíces. El aire que no es aprovechado por la especie y que ésta expele es absorbido por microorganismos, como bacterias y hongos, que se asocian a la raíz y se encargan de metabolizar los contaminantes que entran al sistema (Errázuriz y Jordan, 2003).

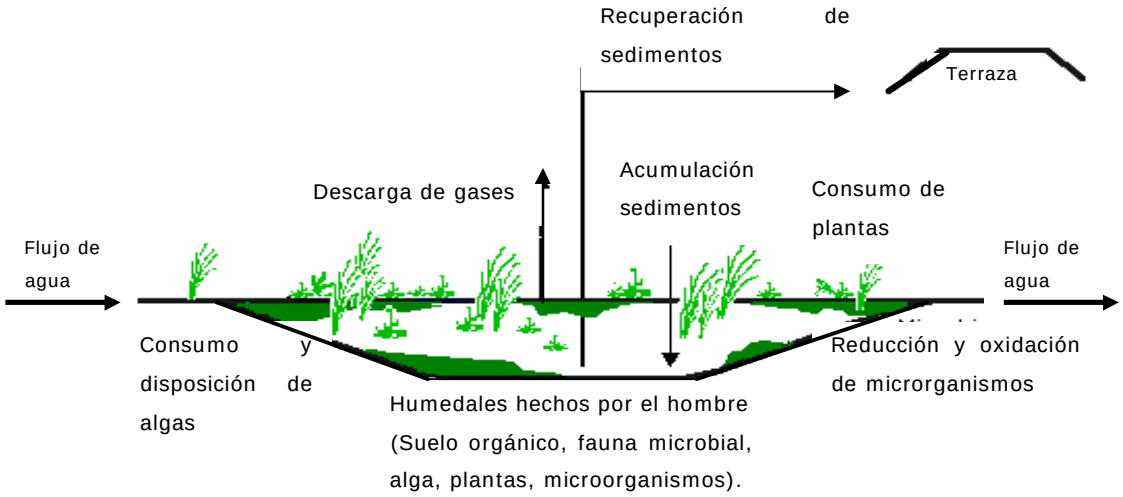


Figura 19: Procesos de depuración de los humedales artificiales. Fuente: Adaptado de FRTR, 2004.

Las cargas de sólidos con las cuales el flujo inicial debe entrar al pantano son muy bajas, estas rondarían el 5% de sólidos totales. El sistema wetland está recomendado para la purificación de aguas residuales sin una mayor carga de sólidos en las aguas a tratar, por lo que requeriría un tratamiento previo en el caso de su uso en sistemas ganaderos.

Los procesos primarios que ocurren en un sistema wetland son los siguientes (Simara, 1998):

- Consumo y transformación de nutrientes por microorganismos y plantas.
- Quiebre y transformación de contaminantes por microorganismos y plantas.
- Filtración y precipitación química a través del contacto con sustratos y capa superficial orgánica.
- Fijación de material particulado suspendido.
- Transformación química de contaminantes (por ejemplo, amonificación de nitrógeno).
- Absorción e intercambio iónico en las superficies de las plantas, sedimentos y capa superficial orgánica.
- Predación y natural muerte de patógenos.

Los sistemas de tratamiento de aguas tipo *wetlands* comprenden tres procesos distintos. Los residuos pasan primero por un decantador, para luego ser depositados en

forma de líquido en el humedal artificial. Allí las aguas escurren bajo un lecho de piedras de cinco centímetros, en el que se plantan las especies acuáticas, y que impide la aparición de cualquier rastro de mal olor y la crianza de zancudos. Finalmente, los líquidos son descargados en una laguna con plantas flotantes, que completa el proceso de depuración de las aguas servidas, removiendo parte del nitrógeno y el fósforo dejándolas aptas para ser descargadas en cursos de aguas o usadas para el riego (University of South Alabama, 2002 citado por Celis *et al*, 2005).

Según Sundaravadivel y Vigneswaran (2001), las ventajas y desventajas que presenta el tratamiento de aguas residuales por medio de sistemas *Wetlands* son las siguientes:

Ventajas

- Ellos operan sobre energía solar del ambiente y requiere bajos consumos de energías externas.
- Ellos operan a altos niveles de tratamiento de aguas con pequeñas o nulas mantenciones, haciéndole esto especialmente apropiado para lugares donde el soporte de infraestructura no existe.
- Son relativamente tolerantes a shocks hidráulicos y cargas contaminantes que aseguran la fiabilidad de calidad de aguas residuales tratadas.
- A diferencia de los sistemas de tratamiento convencionales, ningún período de vida de diseño específico generalmente es prescribido para Wetlands artificiales, y como tal ellos tienden a haber aumentado la capacidad de tratamiento con el tiempo.
- La vegetación del sistema consume dióxido de carbono y entrega oxígeno, es por esto que ayuda a mejorar la calidad del aire y combate el calentamiento global; y
- La vegetación entrega beneficios indirectos tales como espacios verdes, hábitats para vida salvaje y áreas de recreación y educación.

Desventajas

- ✍ Requieren grandes áreas para el mismo nivel de tratamiento que el de un sistema convencional haciendo de ellos inadecuados para tratamientos centralizados para fuentes que generan grandes cantidades de aguas residuales, tales como enormes ciudades.

- ✍ Necesitan largos periodos, típicamente dos o tres estaciones de crecimiento antes de que la vegetación alcance su eficiencia óptima de tratamiento.

- ✍ La dinámica de proceso de los sistemas CTW debe aún ser claramente entendida, lo cual puede conducir a diseños y criterios de operaciones imprecisos.

- ✍ Estos sistemas típicamente están en exteriores y se extienden sobre un área grande, su funcionamiento es susceptible a temporales, viento, e inundaciones.

- ✍ Hay posibilidad de problemas debido a mosquitos y otras pestes e insectos que pueden usar este sistema como su hábitat; y

- ✍ La topografía escarpada y la cercanía de la capa freática también pueden limitar la adopción de estos sistemas para el tratamiento de aguas residuales

Todas las características descritas anteriormente, junto a las posibles ventajas en comparación a otros sistemas de tratamiento, se basan en el manejo de los distintos factores que pertenecen al sistema de wetlands artificiales. Una vez iniciado el sistema es menos dificultoso lograr mantener el sistema funcionando, ya que es la etapa inicial de adaptación a la masa y a la frecuencia de entrega la que es determinante a la hora de definir el comportamiento productivo del sistema.

Componentes en el tratamiento de Wetlands Artificiales

Vegetación

La elección de la o las especies de vegetación a establecer es la primera decisión a tomar. El tipo de vegetación a establecer depende de las metas y objetivos para el cual fue adquirido el wetland. Idealmente, la vegetación debería incluir una variedad de especies, sin embargo, los wetlands artificiales para tratar aguas residuales necesitan ser tan versátiles y fácilmente manejables como fuese posible (Simeral, 1998).

Las plantas crecen en estos lugares que son especialmente escogidos para su habilidad a asistir biológicamente el tratamiento de agua. Las plantas actúan como bombas biológicas, convirtiendo la luz solar en energía química y corredores de oxígeno desde sus hojas a sus raíces. Los microorganismos que se alimentan de agentes contaminantes se ubican en la zona alrededor de raíces (Waterrecycling, 1997).

Las especies más utilizadas en todos los sistemas de purificación de aguas son: Canary grass (*Phalaris arundinacea),* Broadleaf cattails (*Typha latifolia*), Narrowleaf cattails (*Typha angustifolia*), Common reed (*Phragmites australis*) y varias especies de Bulrush (*Scirpus*) (Simeral, 1998). También están las especies *Spartina alterniflora*, *Eleocharis sp., Hydromistia esterniflora, Eichhornia crassipes y Lithrum salicaria* L (Celis et al, 2005).

Cuadro 3. Tejidos vegetales y función según profundidad en el agua.

Zonas de plantas wetlands	Función
Tejido aéreo de la planta	Atenuación de luz; reduce crecimiento de fitoplancton.
	Influencia en microclima; aislación durante invierno.
	Velocidad del viento reducida; reduce riesgo de resuspensión de sólidos.
	Apariencia estética.
	Almacenamiento de nutrientes.
Tejido de planta acuático	Efecto filtrador.
	Reduce la velocidad de corriente; tasa de sedimentación incrementada, reduce riesgo de resuspensión.
	Área de superficie conectada para microorganismos.
	Excreción de oxígeno fotosintético; incremento en la degradación anaeróbica.
	Consumo de nutrientes
Raíces y rizomas	Estabiliza la superficie de sedimentos; menor erosión de suelos.
	Previene el bloqueo medio en sistemas de flujo vertical.
	Liberación de oxígeno que incrementa la degradación orgánica y nitrificación
	Consumo de nutrientes
	Secreción de antibióticos para detoxificación de la zona de raíces; remoción de patógenos.

Fuente: Sundaradivel y Vingeswaran, 2001.

Sustrato para las plantas del sistema wetland

El suelo en el sitio propuesto para la creación del wetland debe ser pertinente para obtener la suficiente retención de agua, infiltración y crecimiento de plantas en el wetland. Para la vegetación del sistema, los suelos deben ser convenientes, de la superficie a más abajo del nivel estático del agua (New BMP, 1997).

La conductividad hidráulica del sustrato es el parámetro más importante en tratamientos de wetlands artificiales. Mantener la conductividad es requerido a estabilizar el tiempo de retención hidráulico del sistema wetland. Estos sistemas con suelos de sustrato fino tendrán una baja conductividad hidráulica, mientras las arenas de grano grueso en la media base del sustrato tendrán una más alta conductividad. Un problema común en el funcionamiento de wetlands artificiales es el "bloqueo". Muchos estudios con suelos basado en el tratamiento de sistemas wetlands han reportado problemas de bloqueos y causando sobreflujos de aguas residuales resultando en erosión de camas y pobre crecimiento de plantas. Llenado y oclusión de espacios intersticiales por sólidos reducirá el volumen efectivo disponible con el sustrato, dejando a incrementar el flujo de velocidades, decreciendo el tiempo de retención hidráulico y cortos circuitos (Sundaravadivel y Vigneswaran, 2001).

Tabla 15: Conductividad Hidráulica.

	Tamaño efectivo (mm)	Porosidad	Conductividad Hidráulica ($k_{s,}$ ms^{-1})
Arena Gruesa	2	0.32	1.2×10^{-2}
Arena gravillada	8	0.35	5.8×10^{-2}
Grava fina	16	0.38	8.7×10^{-2}
Grava media	32	0.40	11.6×10^{-2}
Roca gruesa	128	0.45	115.7×10^{-2}

Fuente: Adaptado de Sundavaradivel y Vigneswaran, 2001

Es de suma importancia mantener un flujo constante en el sistema, ya que es aquí donde ocurre la mayor cantidad de reacciones bioquímicas de purificación. Además actúa como un medio de transporte para la obtención de los productos finales.

En los distintos tipos de sistemas acuáticos (superficiales, subsuperficiales y flotantes) existen microorganismos (bacterias) que realizan una bioconversión del material a tratar. Esta acción está a cargo de bacterias aeróbicas, facultativas, anaerobias de las plantas, detritos de la superficie, adsorción, filtración y sedimentación de la DBO particulada (Crites *et al;* 2000).

La interrelación entre todos estos factores es clave a la hora de la eficiencia de remoción de sólidos del wetland. Son factores dependientes unos de otros, con un fuerte grado de sinergismo entre ellos. Si bien existe un cierto grado de independencia entre ellos, también existe una relación funcional y de trabajo en equipo que condiciona la optimización del sistema.

Diseño de Sistemas Wetlands

La elaboración de wetlands artificiales va a depender de una serie de factores, pero a la vez estos van a estar sujetos al tipo de residuos y aguas a tratar. Por esto, para el tratamiento de purines de ganadería se requiere tener en cuenta los siguientes factores propuestos por Simeral (1997):

? Número y tamaño de animales.
? Tipo de alimentos con que son alimentados los animales del predio.
? Cantidad, tiempo e intensidad de lluvia caída.
? Frecuencia de remoción de sólidos desde los feedlots.
? Relacionar la remoción de sólidos con el tiempo de lluvia caída, etc.

Las dos más importantes consideraciones en el diseño de wetland es la remoción de sólidos del agua residual y el agua total utilizada. El diseño debería también incluir provisiones para extremos en lluvias y variaciones climáticas.

Los factores a considerar al momento de decidir el tamaño del wetland son (Lesikar, 1999): temperatura del sistema, la cual afecta la rapidez en remover nutrientes; y la cantidad de

residuos. Un tratamiento de aguas residuales debe ser diseñado para tratar la mayor cantidad de aguas que un rebaño puede generar.

Parámetros asociados a la construcción del wetland artificial son presentados por New BMP (1997), estos son: *área de superficie, volumen, profundidad de agua, entradas y salidas, salidas de emergencia, balance de aguas, vegetación (manejos) y desarrollo de vida silvestre*. Estos factores tienen suma importancia a la hora de iniciar el planteamiento territorial y funcional del sistema de tratamiento en un determinado predio ganadero.

Foto 1: Sistema Wetland empleado
en un rebaño lechero. Fuente: Simeral, 1998.

La Foto 1 muestra un sistema de pantano artificial en un rebaño ganadero lechero. Este sistema se encuentra adyacente al potrero donde están ubicados los animales. La carga de sólidos que está recibiendo el sistema es mínima, ya que el escurrimiento que se produce, debido a la pendiente del terreno, es solo de la fase liquida quedando en el lugar la parte sólida.

Para predios ganaderos, específicamente engordas bovinas, la situación puede ser bastante similar. Con una buena disposición de los corrales de engorda se puede lograr un correcto manejo de las aguas (o fracciones líquidas) contaminadas que se producen en el sistema. Para poder lograr esto se debe diseñar el predio conforme al manejo escogido de purines o dejar cierto rango de acción que permita acomodar el rebaño a la solución escogida.

Tipos de Wetlands artificiales

Los principales tipos de sistemas de humedales y sistemas acuáticos de tratamientos se dividen en dos tipos de cultivos (Cumsille y Mira, 2005):

? Cultivo fijo: las bacterias se encuentran adheridas a una superficie, sumergidas en un medio acuoso. El proceso es igual al anteriormente mencionado.

? Cultivo Suspendido: las bacterias se encuentran suspendidas en el agua y desde ahí realizan su acción purificadora (fagocitan materia orgánica) gracias a la aireación del sistema, pues son bacterias aeróbicas.

Respecto a la funcionalidad y tipo de estructura existen tres sistemas (generales) de tratamiento wetland:

✍ Sistemas Horizontal de flujo libre

? Sistema Subsuperficial: En un humedal artificial de flujo superficial el agua residual se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La vegetación emergente se planta en el medio, que puede ser desde grava gruesa hasta arena. La profundidad del lecho va desde 45 cm a 1 m y tiene una pendiente característica de 0 a 0.5%. Especies utilizadas son *Phragmites Australis.*

? Sistema de flujo libre superficial: Sistema wetland más tradicional. Consiste en una especie de piscina de 60 cm de profundidad impermeabilizada y sin pendiente que se rellena completamente con gravilla (Crites *et al;* 2000). Este sistema simula una napa freática presente a un nivel cercano al superficial. Se estima una carga orgánica de 3 a 5 m^2 / persona que produce residuos (Errázuriz, 2006). Su ventaja es que el agua que no se encuentra a la vista, evitando los malos olores y la proliferación de zancudos y otros insectos, además beneficia la biodiversidad, siendo nicho de muchas aves y otras criaturas asociadas a pantanos.

✍ Sistema de flujo Vertical: La idea es la misma que el horizontal, se diferencian en que este sistema no recibe un flujo de agua constante, es decir, recibe descargas esporádicas de agua cada vez que se llena un estanque, lo que permite que el agua que se deja caer desde la superficie recorra el sistema hacia abajo disminuyendo la extensión del

sistema. La desventaja que es que al realizarse se liberan olores y el terreno debe permitir que el sistema tenga la profundidad necesaria (Cumsille y Mira, 2005). La carga orgánica es de 1 m^2 / persona. La especie utilizada más comúnmente es *Phragmites australis* (Errázuriz, 2006).

- Sistemas acuáticos o de plantas flotantes (Hidroplanta): Existen plantas acuáticas que tienen hojas que cubren la superficie y cuyas raíces oxigenan el agua. Es un sistema eficiente, pero que se ocupa complementariamente a los otros sistemas. Se debe tener especial cuidado con la proliferación excesiva de las plantas, pues al competir por la luz algunas mueren y contaminan el agua. Los dos sistemas principales de plantas flotantes son el jacinto de agua y la lenteja de agua. Según Crites (2000) el sistema de jacintos de agua (o de plantas similares) involucra plantas flotantes o suspendidas con raíces relativamente largas ubicadas en lagunas de 60 a 120 cm de profundidad. La estructura de las raíces sirve como medio para el crecimiento en película de las bacterias. Por otro lado, la lenteja de agua tiene raíces muy cortas (en general de menos de 1 cm) y, por consiguiente, actúa como un sistema de sombreado superficial.

Tabla 16: Características más comunes de las plantas emergentes usadas en los humedales artificiales.

		Temperatura, º C			
Nombre común	Nombre científico	Deseable	Germinación de las semillas	Rango de pH para efectividad	Máxima salinidad (ppm)
Totora, junco	***Scirpus spp.***	**16 – 27**		**4 – 9**	**20**
Enea, eneo	***Typha latifolia***	**10 –30**	**12 – 24**	**4 – 10**	**30**
Punta de flecha común	***Sagittaria latifolia***				
Carrizo común	***Phragmites australis***	**12 – 23**	**10 - 30**	**2 – 8**	**45**
Junco	***Juncos spp.***	**16 – 26**		**5 – 7,5**	**20**
Juncia	***Carex spp.***	**14 – 32**		**5 – 7,5**	
Yellow flag	***Iris pseudacorus***				

Fuente: Crites, 2000.

Los sistemas de wetlands artificiales se encuentran en su mayoría en plantas industriales (RILES) y a nivel domiciliario. Este sistema ha demostrado ser eficiente en lo que respecta a la purificación de aguas residuales. Contiene distintos tipos de manejos para determinadas características, según el residuo a manejar y el lugar en el cual va a ser emplazado.

El correcto funcionamiento del sistema es atribuible a una perfecta simulación de lo que ocurre en el ecosistema natural. Las aguas contaminadas del continente antes de ser descargadas al mar pasan (por medio de deltas o riberas) por un humedal natural, el cual actúa de filtrante ante los agentes contaminantes producidos en las ciudades por la actividad humana. Esto es lo que busca la implementación de pantanos artificiales, poder entregar un agua utilizada en calidad de no contaminante.

Este sistema es atractivo en todas sus dimensiones, ya sea funcional, estética y vital. Esto se debe, principalmente a que cumple con la purificación de aguas sucias, es un gran aporte a la vida silvestre y entrega un componente visual atractivo para cualquier observador.

La ventaja de este sistema es que su funcionamiento ha sido comprobado a distintos niveles de producción de desechos. Además, cuenta con varias experiencias de distinta índole y locación en todas las cuales ha funcionando de muy buena forma. A nivel de tratamiento de purines en ganadería no ha sido muy utilizado, pero presenta grandes opciones de ser una gran alternativa de solución en rebaños de producción intensiva, por ser un sistema natural, fácil de implementar y mantener, eficiente en términos de purificación y de baja o nula demanda energética.

Compost

El compostaje es una técnica que se ha practicado desde hace muchos años, se establecía que la elaboración de compost tenía por objeto digerir materiales frescos de origen agrícola, antes de ser incorporados, de manera de evitar que las bacterias terminaran su proceso en el suelo, a expensas del nuevo cultivo.

La palabra compost viene del latín *componer* (juntar), por lo tanto, es la unión de restos orgánicos que sufren una transformación a través de la oxidación biológica secuencial que convierte materia orgánica heterogénea en un producto homogéneo. Es una descomposición que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación realizada por microorganismos (bacterias, hongos y actinomycetes), que liberan energía por la actividad metabólica y, gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales (Avendaño, 2003).

Los residuos de plantas y animales no llegan a mineralizarse completamente en un corto o mediano plazo. Una parte de los residuos es resistente a la degradación biológica y permanece por algún tiempo en un estado modificado que se puede acumular. Estabilización es el término aplicado a la conversión de la materia orgánica dentro de este estado modificado o dentro del estado intermedio que están menos reactivos o menos sujetos a la descomposición biológica que la original fuente de alimento para organismos heterotróficos. En el suelo y en pilas de compost, el material resistente es un elemento oscuro a negra sustancia de complejos naturales químicos y físicos. Este material es el humus (Lynn *et al*; 1995).

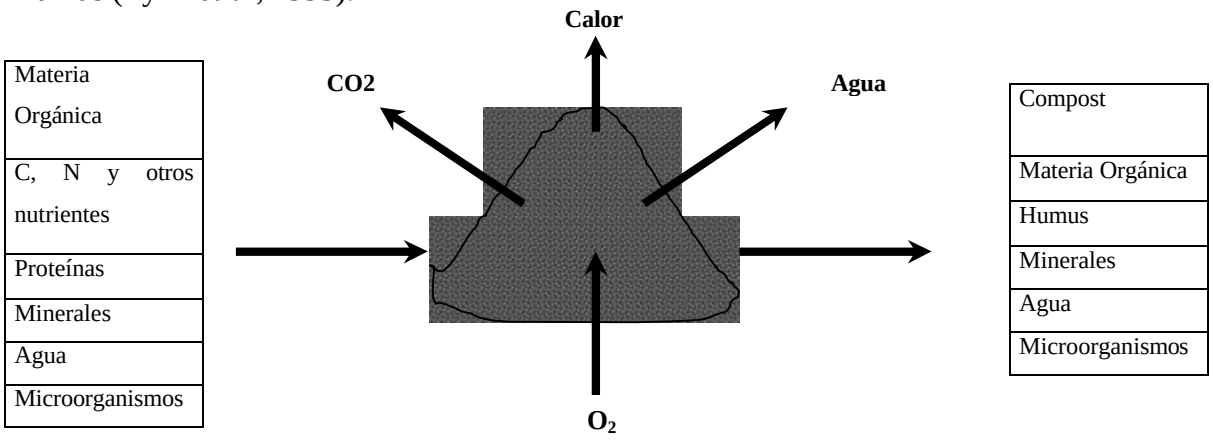


Figura 20: Compostaje. Adaptado de Lynn *et al*; 1995.

Estiércol de vacuno

Para su uso agrícola, el estiércol de vaca no es tan rico e intenso como el de oveja o cabra, pero suele ser el más equilibrado para un correcto compostaje (dependiendo de los materiales dispuestos en las camas de los corrales y de la cantidad de agua que contenga). El estiércol de vaca es ideal para los suelos húmedos y tierras frías. En algunas zonas es el estiércol que más abunda, y bien comportado suele dar un compost equilibrado aunque algo pobre en nitrógeno y se necesitan grandes cantidades si deseamos emplearlo como enmienda orgánica. Como es un estiércol rico en agua, para su correcta fermentación en montones suele aconsejarse el uso de sistemas de ventilación y aireación que eviten el exceso de humedad que provocaría una fermentación anaeróbica (Bueno, 2004).

Los organismos más abundantes en la composta son las bacterias, las cuales generan el calor asociado con el composteo y las que realizan la descomposición principal de los materiales orgánicos, preparando los materiales para el siguiente grupo de organismos más grandes que continuarán el trabajo. Estas no se tienen que agregar, ya que están presentes en todos los materiales orgánicos y se reproducen rápidamente bajo condiciones favorables de humedad, oxígeno, balance propicio de carbón y nitrógeno, y una superficie amplia.

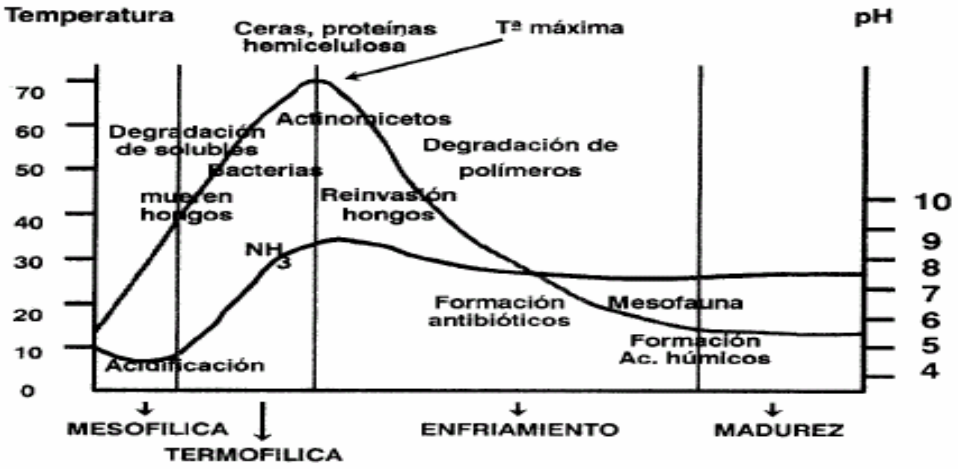


Figura 21: Fases de un proceso de composteo. Fuente: Pedreño *et al*; 1995.

Proceso de Compostaje

En la figura 21 se observan los procesos físico – químicos que ocurren durante un compostado. Este proceso de fabricación de compost lo realizan bacterias aeróbicas, lombrices de tierra y otros organismos del suelo que se hallan presentes en los propios desechos y en la tierra. Las condiciones básicas para que este proceso marche bien son: una adecuada humedad, buena aireación, temperaturas adecuadas y residuos bien seleccionados y combinados (Rathgeb, 2001).

La descomposición aeróbica involucra métodos que infusionan oxigeno dentro de la masa en degradación, mientras que la descomposición anaeróbica procede después de que el oxígeno ha sido usado por los microorganismos. Aeróbicos y anaeróbicos procesos pueden ocurrir en la misma masa. Aunque el compost final, tanto de un proceso aeróbico como anaeróbico es el mismo (en términos de calidad), estos difieren en el proceso *per sé.* Los procesos aeróbicos son más activos metabólicamente que los anaeróbicos, por lo tanto, son más rápidos (Lynn *et al;* 1995).

Según INIA (2005), el proceso de composteo se puede dividir en siete pasos fundamentales:

1. Pre – acondicionamiento de materiales: se refiere a una acción mecánica sobre el material (molienda del material crudo), que puede ser necesario para aumentar el área de superficie expuesta de la mezcla del abono para reforzar la descomposición por microorganismos.
2. Mezclado de los desechos con un agente enmendante: involucra la mezcla del desecho con un agente que hace aumentar el volumen, como el aserrín o la viruta de madera. Esta mezcla generalmente se hace con un cargador frontal en un tractor, pero pueden usarse otros métodos más sofisticados.
3. Aireación con inyección de aire forzado, o volteo mecánico: una vez que los materiales son mezclados, el proceso del compostaje comienza. Las bacterias empiezan a multiplicarse, consumen carbono y oxígeno libre. Para sostener la actividad microbiana, se debe agregar aire para mantener el oxígeno en la pila de compostaje. El aire puede ser agregado por simple mezcla o en cada volteo del compost. Las bajas

concentraciones de oxígeno generalmente producen anaerobiosis, tiempos más lentos del proceso y olores.

4. Ajuste de humedad: debe agregarse una cantidad de agua predefinida para alcanzar determinado porcentaje de humedad en medio, evitando el exceso.
5. Secado (optativo): este secado puede ser necesario si el compost terminado va a ser comercializado, debido a las largas distancias que deberá recorrer, o su uso inmediato, como cama caliente.
6. Aporte de agentes que incrementen el volumen y que puedan ser reutilizados: si se usan materiales para aumentar volumen, como tiras de neumáticos o grandes astillas de madera en la mezcla del compost, ellos pueden ser recuperados del compost final, para ser reutilizados en un nuevo proceso.
7. Almacenamiento: una vez finalizado el proceso, este material puede necesitar ser guardado por un periodo de tiempo en que las condiciones climáticas son adversas. Si es posible, este compost deberá cubrirse para prevenir lixiviados o escurrimiento.

En este proceso es fundamental tener en cuenta ciertos parámetros vitales para la obtención de u producto final óptimo. Pedreño *et al.* (1995), los parámetros que se controlan durante el proceso y que a posterior definen las características del material resultante son:

- Tamaño de las partículas que componen el material, prestando atención a que es más fácil la descomposición de materiales finos, pero que el exceso de estos puede compactar el residuo y perjudicar el proceso.
- La humedad, con un óptimo situado entre 40-60 %, aunque en condiciones anaerobias y según el reactor se puede llegar a necesitar una humedad del 90 %.
- La temperatura, en función de la presencia de organismos mesófilos, o termófilos (situados por encima de los 40° C), siendo el óptimo para una rápida descomposición a la temperatura entre 60-70° C con presencia de termófilos. En el caso de organismos metanogénicos de procesos anaerobios, resulta aconsejable mantener una temperatura situada alrededor de 30° C.
- El pH, con un intervalo óptimo de 6-7.5, en el que pueden desarrollar mejor su actividad los microorganismos.

- La aireación, que en el caso de procesos aeróbicos se recomienda el intervalo de 0.62-1.23 m3 de aire / kg. de volátiles formados. Por supuesto que en aquellos procesos anaerobios está totalmente restringida.
- La relación C/N, con un cociente que nos da conversiones rápidas si está situado en las proporciones de 25:1 a 35:1. es un indicador de la velocidad de descomposición y permite una determinación del tiempo de compostaje, siempre y cuando las condiciones de humedad, aireación y temperatura sean las óptimas.

Es muy importante realizar una mezcla de materiales inicial óptima. Es raro que un solo material residual tenga todas las características requeridas para un compostaje eficaz. Por tanto, es necesario mezclarlo con otros materiales, en proporciones adecuadas, para obtener una mezcla con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje (Tabla 17).

Tabla 17: Condiciones deseables durante el proceso de compostaje.

Características	Rango razonable	Rango óptimo
Relación C : N	20 : 1 – 40 : 1	25 : 1 – 30 : 1
Contenido de humedad	40 – 65 %	50 – 60 %
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor al 5 %
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatura	45 – 66	55 – 60

Fuente: Elaboración propia

Madurez de la Composta

Para determinar la madurez de la composta no existe un parámetro determinado, ya que el proceso de degradación no se da uniformemente en los diferentes materiales dado que algunos son más duros que otros, los puntos que se toman como referencia para decidir que ya está lista la composta son: que no se reconozcan la mayoría de los materiales originales, que tenga la apariencia de un material parecido a la tierra (de color oscuro, suelto y desmoronado y con olor a tierra húmeda), y el volumen del montón se reduce entre

un 30 al 50 % del inicial. Una vez llegado a ese punto la composta está lista para usarse en los cultivos (De la Cruz, 2005).

Métodos de producción de compost

En este punto existe una gran diversidad de metodologías y procesos tanto para la elaboración del compost como para su mantención y cuidado. En el caso de la producción ganadera y específicamente la producción en feedlots de carne, los sistemas que más se acomodan son las pilas de compostaje o en trincheras de acumulación. Estas se localizarían fuera de los corrales con una adecuada ventilación y humedad.

Para la elaboración de compost en un feedlot, se tomará como referencia el sistema de pilas ya que es el más recomendado para la estructura de las instalaciones y las características del material. La ubicación de la pila depende de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. Se recomienda la construcción de pilas alargadas, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5 m, con un ancho de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20 – 30 cm. de altura una fina capa de 2 – 3 cm. de espesor de compost maduro (Cumsille y Mira, 2005).

Manejo en pilas

Este método consiste en apilar el material a compostar en montones largos y estrechos. Para mantener una condición aeróbica, la mezcla de este material debe voltearse periódicamente. Esto expone el material a las condiciones ambientales e impide el aumento de la temperatura (INIA, 2005; Lynn *et al*; 1995):

Ventajas

1. Secado rápido con temperaturas elevadas
2. Facilidad de manejar volúmenes altos de material
3. El producto es muy estable
4. Bajo capital de inversión

5. Una vez que la pila está armada, necesitan volteos ocasionales para restaurar la porosidad.

Desventajas

1. Ineficiente en cuanto a espacio requerido.
2. Los costos operacionales son altos.
3. es vulnerable a los cambios de clima
4. Las hileras deben ser volteadas para mantener las condiciones aeróbicas, lo que obliga a tener equipo especial de volteo.
5. El material al voltearlo genera olores.
6. Compostaje lento.
7. Pilas deben ser pequeñas.

Este tipo de manejo (en pilas) es el que más se utiliza en la actualidad. Es de fácil manejo, pero requiere bastante espacio para producir, lo cual en rebaños de producción intensiva no resulta fácil. El costo de oportunidad en terreno es bastante alto en estos sistemas.

Beneficios del compost

Tanto el estiércol fresco como el compost pueden mejorar las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo, los cuales ayudan a incrementar el consumo de nutrientes de los cultivos y a aumentar los rendimientos. Investigaciones han mostrado que suelos con aplicaciones de compost tienen un 13% más de concentración de materia orgánica que aquellos que no han utilizado el compost (Singer *et al*; 2004 en Wiederholt *et al*; 2005).

Entre los beneficios del compost podemos encontrar (INIA, 2005):

- Acondicionamiento del suelo
- Facilita el manejo del guano
- Aplicabilidad al suelo
- Disminuye los riesgos de contaminación y olores
- Destruye los patógenos

- Efecto positivo al evitar la contaminación de cursos naturales de agua
- Es un producto comercializable

Si se llegara a presentar un mal manejo del compost este podría ocasionar efectos adversos como (Lynn *et al*; 1995):

- Contaminación de napas por lixiviación de nitratos; y contaminación atmosférica por volatilización
- Daño a suelos y cultivos por posibles mal manejo en los factores como la relación C/N
- Efectos adversos a la salud humana y animal, por posibles contaminaciones de alimentos o aguas de bebida

El compostaje es una manera ambientalmente aceptada para disminuir los elevados volúmenes de residuos que se generan. Los fundamentos del compostaje son sencillos, lo cual lo convierte en una metodología de fácil realización y manejo. El compost es un producto de bajo costo que puede reemplazar la aplicación en algunos casos de fertilizantes artificiales. Es una vía natural para conservar los suelos y evitar el empobrecimiento de éstos. La calidad final del producto, dependerá principalmente de los materiales de origen y de las condiciones de temperatura, humedad y aireación que existan durante el proceso. Es necesario que en Chile exista una regulación sobre la calidad final del producto que es comercializado en el país (Avendaño, 2003).

El estiércol de bovino es uno de los más estables para la producción de compost. Las características que presenta lo hacen bastante valorable, tanto por el producto final obtenido como en calidad de materia prima para la producción de abonos orgánicos.

Como se dijo anteriormente, el mayor problema que presenta este tipo de tratamiento se puede deber al espacio que se necesita para elaborar un producto de buena calidad nutricional en términos de fertilidad, siendo más rentable la utilización de dicho terreno para otros manejos productivos.

La producción de compost puede ser realizada de forma más correcta y eficiente tratando previamente los purines del predio con algún otro sistema de tratamiento, como lo puede ser un separador, ya que al extraer cierta fracción líquida el producto final cumple

con los requisitos para un buen compostaje. Además, de esta forma se estaría obteniendo productos finales de mejor calidad nutricional para los cultivos y también disminuyendo bastante el impacto ambiental que puede ocasionar un mal manejo de residuos orgánicos.

Lombricultura

Se entiende por Lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetes, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz (Emison Medi Ambient S.L, 2000).

La lombricultura ofrece una buena alternativa de reciclaje para el manejo de desechos que se vuelven contaminantes como los residuos domiciliarios orgánicos, desechos de animales (fecas y excrementos) y residuos industriales (papel, aserrín, etc.) (Ulloa, 1993).

Actualmente, la lombricultura se está abriendo un espacio como una alternativa de solución al problema medio ambiental existente en la ganadería con el manejo de residuos orgánicos. Aún no se ha desarrollado con la fuerza que debiese este tipo de manejo, pero si está presente en pequeñas escalas y granjas ecológicas de menor impacto. Factores como el tamaño del rebaño, costos de oportunidad, espacio físico y poco conocimiento de su cuidado (a escala predial) juegan en contra de la instauración definitiva como una real alternativa ecológica de manejo de purines.

Lombriz Eisenia foetida

La especie más estudiada y mencionada en la bibliografía es la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Es un anélido que metaboliza los excedentes mencionados de manera bastante eficiente. Características como el amplio rango de alimentación que presenta *Eisenia foetida* la hacen ser una de las especies más utilizadas en los procesos de metabolización de residuos orgánicos.

En la siguiente Tabla se entrega la clasificación taxonómica de la lombriz:

Tabla 18. Clasificación taxonómica de la lombriz

Phylum	Anélidos
Clase	Chaetopoda
Orden	Oligoquetos
Sección	Celomados
Familia	Lumbricidae
Nombre científico	*Eisenia foetida* (Savigny, 1826)

Fuente: Storer *et al*, 1982 mencionado por Aguilera, 2004.

Características externas

- Color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 gramos.
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 16 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año.

Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5 mm. de longitud llamada **clitelium** (Anillo del cuerpo), cuya función está relacionada con la reproducción. Al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días se ponen rosadas y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse (Verdejo, 2005).

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformándolo en humus de lombriz o vermicompost, que es un

abono orgánico y que va a depender del tipo de sustrato con el cual se está trabajando (Emison Medi Ambient S.L, 2000).

La longevidad de las lombrices alcanza hasta los 16 años de vida con una producción hasta 1500 pequeñas lombrices anualmente. El abono orgánico producido presenta una riqueza en lo que respecta a flora bacteriana de prácticamente el 100% ($2*10^{12}$ colonias / gr.) con dos billones de colonias de bacterias vivas y activas por gramo de humus producido (Aguilera, 2004).

Tipo de Sustrato

Los alimentos más comunes para las lombrices son: paja, malezas, mazorcas de maíz, frutas, pastos, rastrojos de cultivos cosechados, cenizas, purines, estiércoles, residuos de cocina y otros. Este alimento debe ser descompuesto como mínimo por un mes (Núñez, 2000). En el caso del estiércol de gallina se producen varias contradicciones entre los autores, por lo tanto se prefiere no incluirlo como posible sustrato.

La lombriz no puede digerir alimentos como metales, goma, plástico y vidrio. En este caso se trabajará sólo con el sustrato estiércol de bovino.

Según Ulloa (2004), el sustrato bovino se puede encontrar en tres situaciones:

- Estiércol fresco: el estiércol está acabado de producir por el bovino, teniendo una consistencia pastosa, de color verde encendido, de olor insoportable debido a que su pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz.

- Estiércol maduro: este estiércol tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semipastosa, de color verde oscuro o pardo, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado, calculado de 7 a 8. Este es el sustrato adecuado, puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura. La experiencia dice que este es el sustrato que mejor aceptan las lombrices.

- ✍ Estiércol viejo: como la palabra lo dice, es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido, es de consistencia pastosa y dura, desboronándose al apartarse con la mano. No presenta prácticamente ningún olor. Este no es un sustrato que puede ser usado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y puede entrar las lombrices en un periodo de dormancia y ocurre el desarrollo de una laga llamada planaria (lombriz rallada plana).

Varios autores señalan como factores importantes en la producción del humus de lombriz a la temperatura, humedad y pH.

Los rangos de estos parámetros son entregados en la tabla 19:

Tabla 19. Parámetros que afectan la producción de humus.

Parámetro	Valores
Temperatura	15 – 20 °C
pH	5 – 9
Humedad	80 – 90 %

Fuente: Elaboración propia.

La luminosidad, también es muy importante, ya que esta especie es bastante sensible a los rayos ultravioletas, este factor les podría causar hasta la muerte. La lombricultura se debe manejar como cualquier otro tipo de producción animal, con las ventajas de que en este sistema no se contraen enfermedades y se tiene un relativo fácil manejo productivo (Emison Medi Ambient S.L, 2000).

Manejo y preparación del sustrato

El estiércol (guano) es una rica y compleja sustancia formada principalmente por: celulosa (apetecible y degradable por las lombrices) y agua. También contiene una variada población de microorganismos, los cuales intervienen en la descomposición del estiércol, traduciéndose en bióxido de carbono, nitratos, nitritos, amoniaco, metano y agua, acompañado por la síntesis de compuestos húmicos de alto peso molecular, en cuyos

procesos también participan pequeños animales invertebrados, larvas e insectos. (Callejas *et al.*, 1989, mencionado por Aguilera, 2004)

El manejo del sustrato es el elemento de mayor importancia dentro del cultivo de lombrices, puesto que si se entrega estabilizado, se asegura la reproducción del pie de cría y en poco tiempo se habrá multiplicado y obtenido buenas cosechas de compost. Es posible el empleo de diversos desechos orgánicos. La preparación del sustrato alimentario debe ser muy cuidadosa para no perder nutrientes (Emison Medi Ambient S.L, 2000).

En el manejo del sustrato se debe tener en cuenta los tres factores mencionados anteriormente: temperatura, humedad y pH.

La Temperatura es el factor que influye en la reproducción, producción de humus y fecundidad de las cápsulas. Cuando la temperatura desciende de los 20 grados (óptima hasta 25) hasta 15 grados las lombrices entran en un periodo de latencia, dejando de reproducirse, crecer y producir humus, además de alargar el ciclo evolutivo (Ulloa, 2004). Pero, por otro lado, Minagri (2006) e INFOAGRO (2006), señalan que la temperatura varía entre el rango 12 y 25 ºC, siendo entre 12 y 15 la favorable para el desarrollo de los huevos.

Durante el verano, si la temperatura es muy elevada, se debe recurrir a riegos más frecuentes y a un sombreado con ramas o malla Raschel, para evitar que emigren buscando ambientes más frescos (Minagri, 2006).

Según González (2005), la humedad debe mantenerse cercana al 80%, aspecto muy importante. Debe existir un equilibrio adecuado entre el factor temperatura y humedad. Si esta llega a bajar hasta un 55% puede ser mortal para las lombrices (Ulloa, 2004). La prueba para medir la humedad se conoce como la prueba de puño, la cual consiste en agarrar una cantidad de sustrato con el puño de la mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80% (Edison Medi Ambient S.L, 2000).

El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados adecuadamente, podremos controlar el pH siempre y cuando el sustrato contenga pH alcalino (Ulloa, 2004).

El nivel de pH debe oscilar en valores cercanos a 7 (Edison Medi Ambient S.L, 2000; Ulloa, 2004; Minagri, 2006; González, 2005; Aguilera, 2004).

Compostaje y manejo de lombrices

Primero se deberá colocar un colchón de paja o pasto de 1.20 m. de ancho y 10 cm. de largo. Este colchón sirve de refugio a la lombriz californiana en el caso de sufrir cambios medioambientales en su medio de crianza. Posteriormente se colocará un cúmulo de estiércol de 1 m. de ancho y 0.70 m. de alto, se regará y por último se cubrirá con 10 cm. de paja para evitar la evaporación. Al poco tiempo comenzará el proceso de fermentación pudiéndose alcanzar hasta los 70º C. Transcurridos diez días será necesario mover y airear el estiércol y aplicar un riego. Cuando la temperatura vuelva a bajar se deben colocar las lombrices. La temperatura óptima es de 20º C, no debiendo superar los 70º C ni ser inferior a 15º C (Minagri, 2006; Infoagro, 2006; Ulloa, 2004; Edison Medi Ambient, 2000; Aguilera, 2004; Brooks, 2004).

Se deberá ir agregando capas de alimento iguales cada 10 a 15 días, hasta tener una altura de 70 a 80 cm aproximadamente, entre los 4 a 5 meses la lombricomposta está lista para cosecharse (De la Cruz, 2005).

La cantidad de agua suministrada deberá tener en cuenta la época del año, siendo en primavera y otoño una vez por semana; en invierno una vez cada 15-20 días y en verano hasta dos veces al día (Infoagro, 2006). El riego debe ser fino y libre de residuos tóxicos. Se debe regar para mantener el lecho húmedo pero sin encharcar (SMIC, 2004).

El manejo de las lombrices debe ser bastante cuidadoso y eficiente, ya que si no se cumplen las condiciones mencionadas anteriormente, la vida de lombrices, y por ende la producción de humus, se verá limitada y no otorgará los resultados esperados y estimados**.**

Producción de Humus

Los desechos orgánicos de las lombrices (fecas de estas) es el **HUMUS DE LOMBRIZ**, el cual es un abono natural para cualquier tipo de planta, es un mejorador del suelo y así mismo contiene nutrientes para las plantas (Verdejo, 2005). Es un fertilizante bio – orgánico, no tóxico y 100% libre de aditivos químicos, que se produce por la transformación de desechos orgánicos. Es limpio, sin olor, totalmente estable, no fermentable e imputrescible (Ricedal, 2005).

En el humus encontramos enzimas y ácidos húmicos, que permiten mejorar la estructura del suelo, debido a que actúan como cementantes de unión entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares uniformes que permiten un óptimo desarrollo radicular, mejora el intercambio gaseoso, aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ello la disponibilidad de nutrientes en formas asimilables, estimulando así el crecimiento vegetal.

Su adecuada relación carbono / nitrógeno lo diferencia de la mayoría de los abonos orgánicos, permitiendo una mejor disponibilidad de nitrógeno para la planta, reduciendo también su lixiviación (Edison Medi Ambient S.L, 2000).

Según De la Cruz (2005) el humus presenta la siguiente composición nutritiva:

Cuadro 4: Composición nutritiva del humus de lombriz

Humedad	30 a 60%
PH	6.8 a 7.2
Nitrógeno	1 a 2.6 %
Fósforo	2 a 8 %
Potasio	1 a 2.5%
Calcio	2 a 8%
Magnesio	1 a 2.5%
Materia orgánica	30 a 70%
Ácido fúlvico	2.8 a 5.8%
Ácido húmico	1.5 a 3%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10 a 11%

Fuente: De la Cruz, 2005.

Algunas ventajas de la utilización de humus son las siguientes:

- Es una actividad económicamente rentable por cuanto no requiere grandes inversiones y se puede fabricar un lombricultivo en una pequeña extensión de terreno (Nuñez, 2004)

- Su baja relación carbono nitrógeno (13 a 9) permite evitar fenómenos de competencia por nutrientes (N) entre los microorganismos del suelo y los cultivos que en él se desarrollen (Pachamama S.A, 2005).
- Produce un aumento en la germinación de las plantas, acelera la velocidad de crecimiento, mejora el estado vegetativo y sanitario de los cultivos, aporta cantidades importantes de microelementos y entrega una elevada carga biológica (Brooks, 2004).
- Versus productos químicos a lo largo de 6 años es de destacar que el incremento del cultivo tratado con lombricompuesto aumenta 250% más durante el primer año, 100% más el segundo año y 70% más el tercer año (Ricedal, 2005).
- El humus se caracteriza por comportarse como una hormona estimuladora del crecimiento vegetal, ya que se conoce que 1 mg/l de humus es equivalente en actividad a 0,01 mg/l de A.I.A. (Ácido indol acético) (Velázquez y Herrera, 1985 mencionado por Aguilera, 2004).
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción (Ulloa, 2004)
- Las lombrices producidas también pueden ser usadas como alimento en la producción de pollos, pollas, cerdos y peces por su alto contenido de proteínas (SMIC, 2004).

La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro. El humus de lombriz se aplica en primavera y otoño, extendiéndose sobre la superficie del terreno, regando posteriormente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. No debe enterrarse, pues sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la siembra favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra, disminuye la frecuencia de riego (Verdejo, 2005).

El humus se aplica distribuyéndolo sobre la superficie del terreno, regándolo posteriormente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. No debe enterrarse, pues las bacterias benéficas que contiene requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la siembra, favorece el desarrollo radicular al hacer más esponjosa la tierra, disminuye la frecuencia de riego. Se puede almacenar durante mucho tiempo, sin que sus

propiedades se vean alteradas, pero es necesario mantenerlo bajo condiciones óptimas de humedad (40%) (Minagri, 2006).

Cosecha de humus de lombriz

La primera cosecha está en función de: la cantidad inicial de lombrices, el establecimiento y reproducción de lombrices y el tipo de desecho utilizado (Luévano y Velázquez, 2001). Según Nuñez (2004), es recomendable efectuar dos cosechas del humus al año o en un período entre 4 a 6 meses después del periodo de siembra de las lombrices. El alimento no consumido se debe trasladar a nuevas camas y luego se separan las lombrices.

El proceso de separación se puede hacer de distintas formas. Todos los autores coinciden en que se debe "mover" a las lombrices hacia un lugar nuevo, el cual puede ser alimento fresco o recipientes, para posteriormente ser tomadas manualmente y sacadas del humus producido. Se recomienda dejar un periodo de escasez de comida antes de separarlas y también esperar unos cinco a siete días luego de ofrecerles este nuevo sustrato o lugar al cual deben moverse (González, 2005).

Utilización del producto final

El humus de lombriz puede ser vendido a quienes se dedican a las actividades agrícolas intensivas, y por tanto necesitan añadir de forma continua nutrientes al suelo, al consumidor final para su jardín o a los comercios dedicados a su reventa (Infoagro, 2006).

Si no se usa al instante, se puede almacenar bajo sombra, cuidando que la humedad no baje del 40 %, puesto que todavía hay actividad microbiana que es la que le da calidad al vermicompost, como uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo (Edison Medi Ambient S.L, 2000).

Importancia Ecológica

La eliminación de los residuos urbanos y desechos agroindustriales de origen vegetal y animal son un problema a nivel mundial. La solución a este grave inconveniente es la selección y reciclaje de las basuras y, con la ayuda de las lombrices, transformar lo orgánico en un valioso fertilizante. El humus es un producto con grandes posibilidades de comercialización en todo el mundo, pero su calidad es un factor importante. De la composición del alimento que recibe la lombriz depende su eficiencia como fertilizante (Minagri, 2006).

Este manejo de desechos presenta problemas como: el terreno o espacio físico que requieren las lombrices para el correcto funcionamiento de ellas; el tiempo de elaboración de humus de lombriz es bastante inestable, con valores que fluctúan entre los tres y doce meses, durante los cuales si no se mantienen las condiciones necesarias no se obtendrá el mejor producto final; y por último, en los rebaños ganaderos no existe una conciencia en torno a los manejos de desechos, por lo cual es bastante difícil (pero no imposible) lograr un manejo adecuado y de constante cuidado en lo referente a la lombricultura.

Para este caso es necesario tener algún otro tipo de sistema de tratamiento para las partes líquidas del sistema, ya que el contenido de agua del estiércol ronda el 80%, lo cual sumado a las aguas lluvias y de lavado pueden producir un tipo de sustrato no muy adecuado para el trabajo de la lombriz.

Separador Sólido / Líquido

Por muchos años, los ganaderos se han visto interesados en la idea de separar los sólidos de los líquidos en un sistema de manejo de purines. Las necesidades de hoy en día han llevado al productor a solicitar un producto que cumpla con las siguientes condiciones:

- ? Los agricultores afrontan mayores gastos de transporte de abono y el abono debe ser transportado a mayores distancias. Reducir la concentración de N y P en el efluente líquido sería una ventaja.
- ? Hoy en día existe mucha mayor atención en la cantidad de patógenos presentes en el estiércol y en el riesgo de contaminación a la salud que este puede provocar. El separador disminuye este riesgo.
- ? Grandes presiones de la comunidad por la producción de olores. Aquí nuevamente el separador puede ayudar a disminuir este problema.
- ? Los sólidos pueden ser compostados o aumentados de valor para su posterior venta fuera del predio.

Los principales métodos de separación han incluido separación por gravedad, separación química y separación mecánica. Los sistemas mecánicos son vistos por muchos por ser relativamente caros, pero a su vez son los más compactos y los más rápidos. Existen diferencias entre los distintos tipos de separadores mecánicos, diferencias de funcionamiento y eficiencia. Nuevos equipos están entrando al mercado y tecnologías que han sido muy efectivas en las industrias de tratamiento de aguas residuales, las cuales ahora están siendo incorporadas al manejo de purines en la ganadería (Fleming y MacAlpine, 2003).

Separación

La separación tiene como objetivo dividir el estiércol en una fase sólida que contiene la mayoría de los sólidos en suspensión y una fase liquida que contiene principalmente los sólidos solubles. Los sistemas de separación tienen en común el hecho que los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio siguen en la fase sólida (90%) - todo lo

contrario a lo encontrado en los análisis de bipolar – pero según el sistema el 20 hasta 70%, con aplicación de floculantes hasta el 98% de los sólidos en suspensión están retenidos en la fase sólida. La separación puede lograrse por gravedad (estanques de sedimentación y centrífugas) o tamaño de las partículas (separadores estáticos y prensa tornillo (ATCOM, 2006).

La separación conlleva una infraestructura de pozos de almacenamiento, homogenizadores, bombas purineras y separadores. Los pozos de almacén de purines deben ser impermeabilizados con concreto, arcilla o algún tipo de geomembrana. Esto se debe a las pérdidas que sufre el purín por infiltraciones verticales y horizontales producidas en el pozo no impermeabilizado.

El sistema de bombeo del material colectado hacia el separador debe ser especialmente diseñado para purines, ya que la densidad que presenta este compuesto, muchas veces no permite la succión normal y continúa hacia el mecanismo de separación. Es por esto, que el agua de lavado y de lluvia producido en lecherías del Sur permiten un manejo más fácil del purín debido a la dilución que este sufre durante la recolección. Si bien, no es un sistema eficiente en torno al manejo del agua, por lo menos permite llegar con el material hasta el sistema de separación escogido.

A continuación se describirá brevemente los sistemas de recolección empleados en aquellos manejos donde se ha implementado algún separador estático, por tornillo o por decantación.

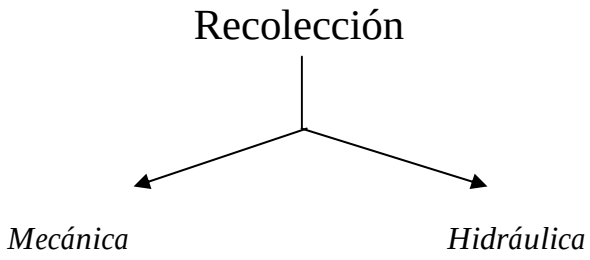


Figura 22. Sistemas de recolección. Fuente: Elaboración propia

Recolección Hidráulica

Este tipo de recolección se hace mediante la utilización de agua de lavado. En este sistema existe el manejo por medio de:

i. Mangueras: Los pasillos, corrales y patios se manejan por medio de agua entregada con una manguera que fluctúa entre 1 a 2 pulgadas de diámetro. La presión del agua es un factor clave en este sistema, ya que esta es la que removerá los desechos en los lugares indicados anteriormente. De acuerdo a la presión, desnivel y largo del pasillo se requieren entre 15 y 30 litros de agua por metro cuadrado de superficie a lavar. Es muy común en los corrales de espera de ordeña en lecherías (Poppen, 2006).

ii. Gravedad: Sistema muy común en planteles porcinos (slat). Consta de un piso ranurado que permite el paso por gravedad del material orgánico hacia un canal (con 1 a 2 m de profundidad) de colección a lo largo del corral, una vez que se va acumulando se va creando una especie de montículo que su parte superior irá avanzando a medida que va aumentando la cantidad de estiércol a remover. En este sistema pueden haber problema con la fermentación y consecuentemente pérdida de nitrógeno (amoniaco) y emisión de otros gases.

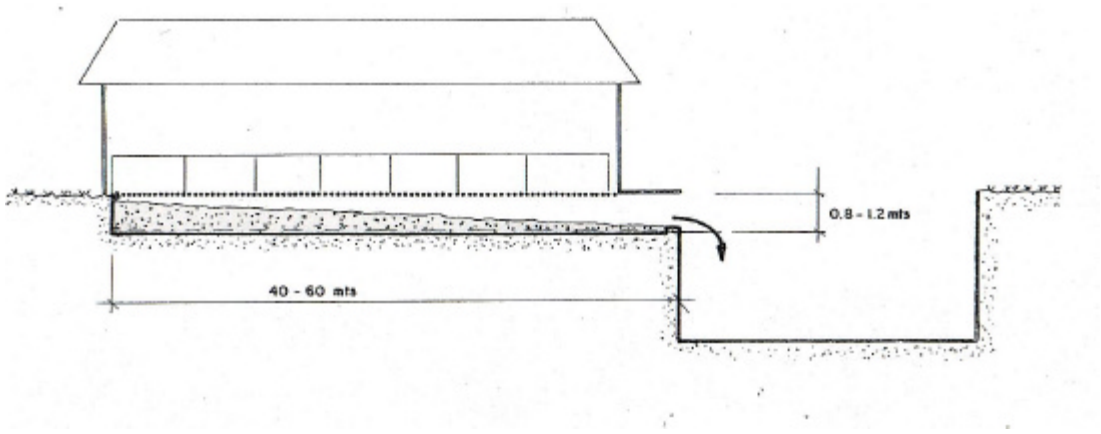


Figura 23: Sistema de gravedad. Fuente: Poppen, 2006.

iii. Golpe de Agua: Por medio de una compuerta que contiene un determinado volumen de agua, se libera un fuerte flujo que lava todos los pasillos en los cuales se concentra la mayor cantidad de fecas. El pasillo tiene que ser nivelado transversalmente y con una pendiente de 2 a 4%. La velocidad de avance tiene que ser mayor a 1 metro por segundo

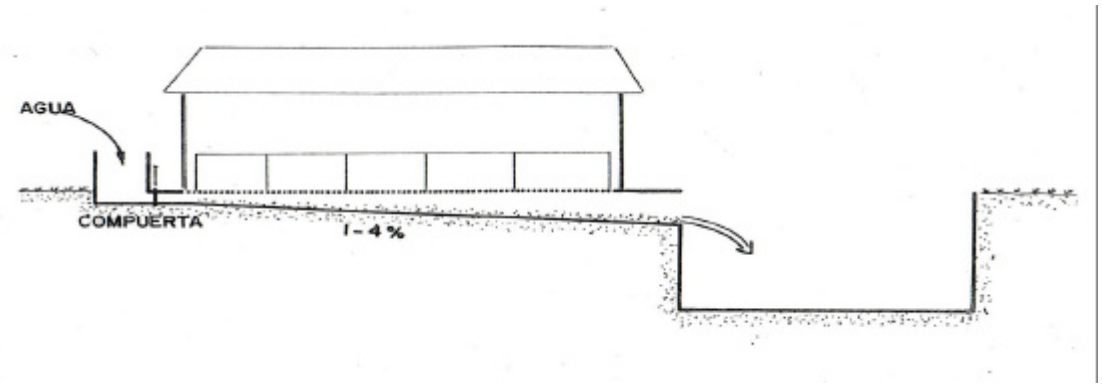


Figura 24: Sistema de golpe de agua. Fuente: Poppen, 2006.

iv. Lavadura: Una bomba de alto caudal entrega agua a través de una tubería en el extremo alto del pasillo. Una ola de agua arrastra las fecas depositadas en el pasillo. El sistema puede trabajar en pisos ranurados y también pasillos abiertos. En el último caso se recomienda hacer el golpe de agua cuando el pasillo esté desocupado, quiere decir cuando las vacas se encuentran en la sala de ordeña.

Foto 2: Golpe de agua. Fuente: Poppen, 2006.

Recolección Mecánica.

Este tipo de recolección trata de minimizar el uso del agua. Esto se debe a la innecesaria contaminación de aguas limpias y minimizar los costos en la utilización de aguas. El costo operacional puede ser alto sobretodo cuando se operan tractores. Sistemas de palas accionadas por cable o cadena, conocidos como raspadores, son más baratos en su costo operativo, mantienen los pasillos constantemente limpios, entregan generalmente a canales transversales que conducen el estiércol al pozo. Importante ea que los pasillos tienen que ser bien nivelados, tanto en sentido longitudinal como transversal.

Un raspador de purines consta de un pequeño motor eléctrico el cual tracciona una cadena que arrastra un pala en forma de V (generalmente, no siempre), su velocidad no supera los 3 m por minuto. Al final de su recorrido desemboca en un canal que conduce los purines hacia el pozo almacenador.

Foto 3 y 4: Manejo de purines en seco por medio de tracción y pala mecánica.
En la foto del lado izquierdo se observa una pala traccionada por un tractor, mientras que en el costado derecho se ve un sistema que funciona por medio de un pequeño motor a una velocidad que permite el paso tranquilo de los animales cuando está en funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

Separadores

Para la separación de las fases sólidas y liquidas existen varios sistemas y mecanismos que cumplen con esta función en la actualidad. En este punto es bastante importante el rol que cumple el homogenizador del pozo purinero, ya que la bomba que succiona el material hacia el separador no debe tener un contenido de MS mayor al 8 – 10%. Es por esto que el homogenizador debe funcionar antes de ser accionada la bomba de succión.

En este documento se describirán sólo los procesos mecánicos, los cuales son separación por prensa (tornillo) y separación estática.

<u>Separación por prensa (tornillo)</u>

Foto 5: Separador por tornillo.

Fuente: Bauer, 2006.

Las prensas elevadoras son equipos principalmente usados en plantas de tratamiento de aguas servidas y hace un tiempo vienen siendo incluidos en el manejo de residuos ganaderos. Consiste de un tamiz circular instalado en el canal. Un sinfín con cepillos accionado por un motor eléctrico con caja reductora eleva los sólidos retenidos en el tamiz por un tubo y los deja caer en la parte superior del equipo. Un sinfín accionado por un

motor eléctrico con caja reductora de velocidad gira dentro de un tamiz cilíndrico. El estiércol homogenizado se bombea al separador (excedentes de volumen regresan al pozo) y el líquido junto con los sólidos de menor tamaño que las perforaciones del tamiz pasan por él. Los sólidos retenidos en el tamiz son empujados por el sinfín, prensados y expulsados del separador.

A continuación se entregarán las principales características que presenta la fracción liquida y sólida después del proceso de separación (Bauer, 2004).

Fracción Liquida

- El volumen del purín es reducido entre un 15 a un 30%.
- Este necesita menor espacio de almacenamiento y menor transporte.
- Bajas pérdidas de N (NH3, CH4, N2O) durante el almacenamiento y distribución, debido a la extracción de sólidos y carbono.
- El componente olor es claramente reducido.
- Hacer los mejores y más exactos análisis, que puedan determinar el tiempo ideal de distribución.
- Una más baja concentración de nutrientes permite una mayor aplicación por hectárea comparado con el purín fresco.
- Mucha mejor infiltración al suelo y menor adhesión a las plantas asegura que los nutrientes sean más fácilmente absorbidos y el daño al cultivo por quemado es minimizado.
- Largo periodo de aplicación, porque se puede aplicar sobre cultivos (hasta cierto punto).
- Sistema simple en la distribución (eficiencia - costo).
- Bajo requerimiento de energía de bombeo y entrega.
- Reducción considerable de las semillas de malezas.

Fracción Sólida

- Compostable, inodoro y almacenable.
- El alto contenido de sólidos permite almacenarlo sin un mayor cuidado especial.

- Mejora la estructura del suelo e incrementa el contenido de humus.
- 30% o más de contenido de materia orgánica permite compostar al aire libre.
- Aparte de áreas agrícolas, también es localizable en lugares donde haya una baja de nutrientes.
- Fácil de transportar y de vender, ¿en Chile será tan así?
- Se puede reutilizar como camas para animales.

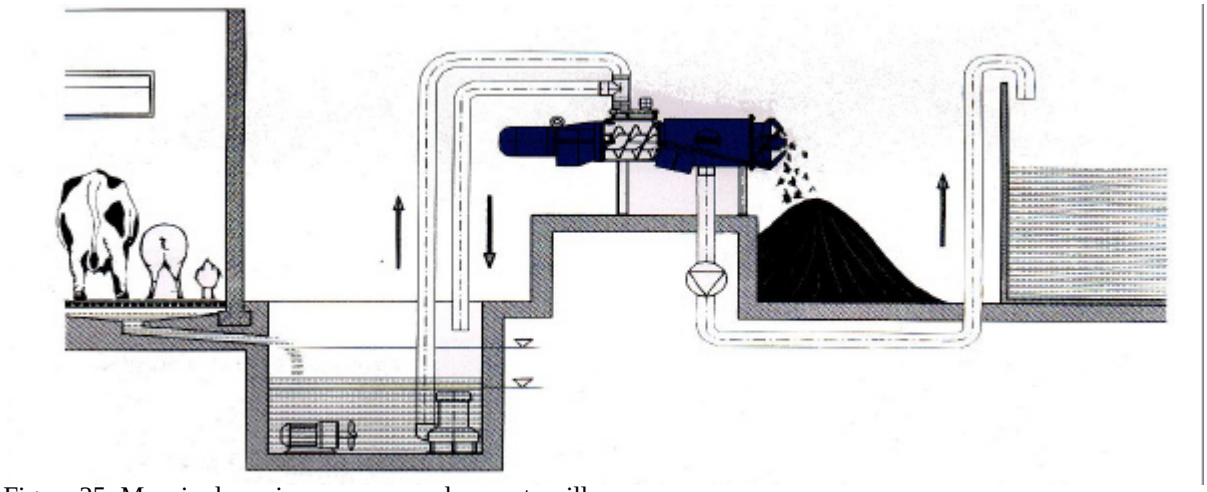


Figura 25: Manejo de purines con separador por tornillo
Fuente: Poppen, 2006.

Separador Estático

Los separadores estáticos consisten de una plancha con perforaciones, sean circulares o de tipo ranura que por lo general está curvada, con más inclinación en la parte superior donde cae el estiércol desde un recipiente a la plancha y menos inclinada en la parte inferior para aumentar el tiempo de residencia de los sólidos sobre la plancha. El líquido pasa por las perforaciones y los sólidos de mayor tamaño que las perforaciones se retienen sobre la plancha y caen al suelo (ATCOM, 2006).

Uno de los principales problemas que presenta este sistema de separación es que el purín debe tener no más de 4% de MS, lo que implica un gran uso de agua para la dilución del material orgánico presente en los pasillos de los corrales. Según análisis y literatura consultada, el material fecal de un bovino contiene entre un 12 a 22% de MS en sus heces.

En este sistema también se requiere la utilización de un homogenizador que permita el correcto trabajo de la bomba succionadora de purines. El separador debe tener una velocidad continua que permita la formación de una especie de “costra” de purines, con esto se consigue una filtración adecuada del material liquido hacia el pozo almacenador, dejando caer la fracción sólida (20% MS aprox.) la cual será almacenada posteriormente.

Foto 6: Separador estático.
Fuente: Poppen, 2006.

Como se mencionó al comienzo, este mecanismo de recolección es utilizado mayoritariamente en el sector lechero, debido a la infraestructura de galpón que se presenta en estos sistemas. Visitas realizadas a la zona de Los Ángeles (zona fuertemente lechera) pudo confirmar la existencia de estos mecanismos. Actualmente en la zona Central se está introduciendo con fuerza los separadores de tipo estáticos.

La utilización de una fuerte cantidad de agua es el principal problema que presenta este método de manejo de purines, ya que el costo económico que implica lavar con agua es bastante alto, además la contaminación de aguas limpias con estiércoles tiene un costo ambiental que debe ser manejado lo antes posible.

Actualmente este sistema está siendo cada vez más requerido dentro del sector lechero, mientras que en planteles de engorda bovina, el separador estático puede ser una

alternativa viable en aquellos feedlots donde el corral de confinamiento presenta una superficie de concreto, con esto se busca permitir un flujo de agua más expedito que pueda hacer circular el material fecal hasta el pozo de almacenamiento y luego al separador.

Materiales y Métodos

Para la investigación realizada, se utilizó una adaptación a la metodología propuesta por Gastó et al (1993). Esta metodología consiste en tres partes: descripción, diagnóstico y diseño. Específicamente el estudio realizado consiste en tres partes: la descripción tres predios ganaderos, la realización de un diagnóstico de la situación al momento de la caracterización y finalmente diseñar un sistema de manejo de purines generados en cada predio que sea sustentable en el tiempo.

Para la descripción de los predios en estudio se diseño una Ficha de Caracterización Predial. Esta ficha contiene toda la información referente a las características del entorno, variables ambientales, edáficas, productivas, alimenticias, de infraestructura, socio-demográficas, económicas e información sobre la producción y el manejo de purines. Esta descripción busca "leer" el predio estudiado como una imagen que integra todos los aspectos, o aquellos más importantes, para los objetivos de la tesis.

Además se elaboran cartas de interpretación de los predios en investigación en base a foto aéreas (obtenidas del Servicio Aerofotométrico de la Fuerza Aérea de Chile y del programa GoogleEarth versión 4 beta) y mediante un software que permita la utilización de estos datos, en este caso se utilizó el software Arcview 3.2. Estas cartas permiten determinar los elementos presentes en el terreno estudiado, con el detalle que otorgan estas fotografías.

La información necesaria para describir cada predio a partir de la ficha, se obtuvo mediante visitas a los predios, información entregada por el propietario y a través de búsqueda bibliográfica. Para obtención de datos además se utilizan diferentes instrumentos como barreno, clinómetro, brújula, GPS entre otros.

Se realiza una identificación detallada del predio, su ubicación administrativa, ubicación ecológica y su localización geográfica (posición general de la propiedad). (Gastó et al, 1993). Dentro de la metodología postulada por Gastó et al (1993), se señalan 4 capas estructurales: Biogeoestructura, Hidroestructura, Tecnoestructura, Espacioestructura.

La biogeoestructura corresponde al recurso natural, donde se conjugan los componentes abióticos del sustrato y atmósfera en un solo sistema al integrarse con los componentes bióticos de la fitocenosis y la zoocenosis. Corresponde al componente natural

del ecosistema–origen de la biosfera terráquea. (Zaffaroni, F. 2005). Esta capa no fue investigada a fondo en este ensayo debido a que el sitio específico en estudio fueron los corrales y los potreros cultivables, los cuales están descritos en la ficha y de igual forma se encuentran en las cartas temáticas presentadas.

Las unidades hidroestructurales corresponden a aquellos elementos que intervienen en la captura, conducción, almacenamiento del agua. Dentro de esta estructura se incluyen hidroestructuras artificiales como canales, embalses y zonas de riego (Zaffaroni, F. 2005). Sin embargo la principal función de la hidroestructura, en este caso, es marcar las principales vías fluviales las cuales tienen relación directa o indirecta con los purines generados en los predios.

Las unidades tecnoestructurales son producto de la intervención de los actores sociales sobre el territorio, a través de la extracción de recursos y de la incorporación de tecnología. Ambos procesos generan como resultante una nueva ordenación del territorio. Corresponde a los elementos tecnológicos que se encuentran en el predio, incluyendo cualquier instrumento elaborado incorporado a las estructuras generales del predio, los cuales interactúan con las restantes. (Zaffaroni, F. 2005)

Las unidades espacioestructurales corresponden a las divisiones del predio, tanto en forma natural, tal como montañas o ríos, como en forma arbitraria, impuesta por el hombre por medio del uso de tecnologías. Las unidades espaciales corresponden a un espacio acotado de manejo en el cual se subdivide el predio para fines de organización y gestión.

Una vez descrito el predio, mediante la Ficha de Caracterización Predial, se establece el área dentro del predio donde se realizan aplicaciones de purines en base a información proporcionada por el productor. Determinado el sitio de aplicación de purines se realiza un muestreo en el potrero en cuestión para analizar el efecto que han tenido dichas aplicaciones sobre el suelo. El contenido de materia orgánica y nitrógeno total fueron considerados para esta medida, los cuales fueron analizados en los laboratorios de análisis de suelo de la Pontificia Universidad Católica según los métodos de Keljdhal y CNA (Comisión Nacional de Acreditación, para análisis de Materia Orgánica).

Se realiza además un ensayo con columnas de suelo, obtenidas en cada predio, para determinar la cantidad probable de nitrógeno derivado de los purines que percolaría a través del perfil de suelo de cada predio. Esta estimación permite determinar un rango de

aplicación de purines en el predio. Para la extracción de muestra se utilizó la metodología descrita más adelante.

La segunda parte consiste en realizar un diagnóstico del estado del predio respecto al manejo de purines. Este se realiza a través de un análisis interpretativo utilizando toda la información recolectada en la Ficha de Caracterización Predial. En este análisis se identifican los problemas existentes en el predio para poder plantear soluciones sobre el manejo de purines. Estas soluciones deben ser elaboradas con el objetivo o meta previamente definido. Esta meta estará ajustada a las características físicas del fundo, los objetivos del propietario, la tecnología y la capacidad del propietario.

La tercera parte del estudio busca llegar a una propuesta de diseño para el manejo de purines para el predio o fundo. Se deben plantear los diferentes escenarios dentro del predio estudiando el tema en términos de rentabilidad económica, sustentabilidad ambiental e impacto social. Bajo estos parámetros y los estudiados anteriormente se llega a una propuesta de diseño para el fundo.

Metodología de Extracción de Columnas de Suelo y Prueba de Percolación de Nitrógeno

Objetivo

El experimento básicamente consiste en aplicar dosis de purines correspondientes a las aplicadas habitualmente en columnas de suelos de los predios en estudio. Para poder estimar la mayor cantidad de líquidos que podría haber infiltrado por el suelo, se imitarán condiciones extremas de campo, es decir, el mes con mayor precipitación del año, suelo descubierto y aplicaciones de purines altas y sin parcialización.

Hipótesis

"El líquido que infiltra a través del perfil de suelo, arrastra una mayor cantidad de nitrógeno en suelos donde se ha aplicado purines que en suelos donde no se han aplicado, lo que contaminaría a futuro aguas subterráneas".

Materiales y Métodos

Debido a que uno de los predios (Fundo Liguai) no posee superficie sobre la cual aplicar purines, solo se extrajeron columnas de suelo de dos predios: el Fundo Calbú (provincia de San Antonio) y el fundo Santa Magdalena (provincia de Arauco). Ambos predios descritos anteriormente.

Para la obtención de las columnas de suelo se utilizan tubos de PVC de 9mm de diámetro y de 150 cm. de longitud. Estos tubos son introducidos en el suelo mediante el golpeo con un martillo (combo). Durante este proceso se utiliza un trozo de madera de 40 cm. de largo por 10 cm. y 20 cm. de alto y ancho, el cual es colocado en el extremo superior del tubo y evita que el tubo se rompa, además de facilitar la penetración de este en el terreno y obtener muestras lo menos alteradas posible. Los tubos son introducidos en el suelo hasta que alcancen una profundidad de 1 m. Luego de esto se procede a hacer una calicata de la misma profundidad (1 m) para la extracción del tubo. Una vez alcanzado el

inicio del tubo, se saca la muestra teniendo la precaución de evitar que esta salga del tubo por su parte inferior. Cuando el tubo es extraído con la muestra de suelo en su interior, se procede a marcar el tubo con un número y a sellar la muestra con papel de diario y papel plástico para envolver alimentos (alusa plast), evitando así la alteración de la muestra durante el transporte y posterior montaje en el lugar donde se realizará el ensayo. Todos los tubos se identificaron correctamente con una etiqueta, la cual contenía la siguiente información:

? Lugar de colección
? Ubicación. Ejemplo.
? Número de Columna.
? Dosis de Purines Aplicada
? Dosis de lluvia aplicada
? Profundidad del suelo
? Tipo de suelo
? Fecha de Toma de muestra

Con las columnas en el lugar donde se ubicará el ensayo, se procede a su montaje, en una estructura de metal en la cual se cuelgan las columnas de forma vertical. Además, en la parte inferior de cada columna se coloca un sistema de drenaje y un sistema de recolección de los líquidos que infiltrarán a través del perfil de suelo (figura 25). Este sistema de drenaje consiste en gravilla montada sobre una reducción de PVC 90 x 75 mm la cual soporte la columna de suelo impidiendo que esta salga por la parte inferior hacia el recipiente colector. Además, este sistema cuenta con una rejilla metálica la cual frena el paso de cualquier partícula de suelo hacia el recipiente colector.

Una vez colocadas las columnas en el lugar establecido, se marca una columna como control y solo se le aplica agua destilada según la cantidad de lluvia del mes de mayor pluviometría del lugar donde fue extraída la columna. La cantidad total a aplicar para cada columna se distribuyó de manera tal de que cada día se administrara una pequeña dosis y al final de 30 días esta sumara la cantidad total. Para esto además se aplico la mitad de la dosis diaria en la mañana y la otra mitad durante la tarde. En el caso de las columnas provenientes de Leyda, se administró diariamente 21,6 ml a cada columna (10,8 ml en la

mañana y 10,8 ml durante la tarde). Para las columnas extraídas de Cañete (Fundo Santa Magdalena), se aplicó diariamente 51,2 ml a cada columna (25,6 ml en la mañana y 25,6 ml en la tarde). Estos volúmenes corresponden a las precipitaciones descritas en la Ficha Predial del Fundo Calbú y Fundo Santa Magdalena descritas anteriormente.

Figura 26. Esquema de columna de suelo y sistema de drenaje

Para las tres columnas restantes además de la aplicación de agua destilada a modo de precipitaciones, se aplica una dosis de purines a cada columna, correspondiente a las dosis aplicadas normalmente en cada predio. Para el caso del fundo Calbú, la dosis aplicada para cada columna fue de 63,62 ml. En el Caso del Fundo Santa Magdalena, de Cañete, la dosis aplicada a cada columna fue de 40 ml. Esta dosis considera las aplicaciones de purines realizadas en el potrero desde donde se obtuvieron las muestras de suelo, y que están descritas en las Ficha Predial correspondiente a cada Predio.

Las muestras de purines aplicadas fueron colectadas en los canales de recolección o pozos de almacenamiento, de manera que las muestras tuviesen la misma composición a la aplicada realmente en los predios mencionados.

La recolección de la fracción líquida que infiltra a través de la columna se realiza con un recipiente plástico de un litro de capacidad, adherido al sistema de drenaje. Este recipiente se encuentra sellado al sistema para prevenir evaporación de líquido percolado, evitando al mismo tiempo un aumento en las concentraciones de los elementos contenidos en este.

La metodología utilizada en este experiencia se basa en ensayos similares realizados por Almendro *et al*, 2001; Ortiz *et al*, 1999; Hernandez *et al*, 2003; Montoya y Martín, 2005.

Para medir las condiciones iniciales del suelo donde se extrajeron las columnas, se realizaron muestras de suelo representativas para cada potrero. Se evaluó específicamente en contenido de materia orgánica del suelo (metodología CNA), el nitrógeno disponible, nitrato ($N\text{-}NO_3$) y nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_4$) en base al análisis del nitrógeno Keljdhal.

Terminados los treinta días que dura ensayo, se procede a analizar el contenido de nitratos (NO_3) de la fracción líquida del flujo lixiviado, además de los mismos parámetros mencionados anteriormente (materia orgánica del suelo, el nitrógeno disponible, nitratos y nitrógeno amoniacal) en el perfil de suelo de cada tratamiento.

Estudios de Casos

Descripción Predial: "Fundo Calbú"

Predio: Fundo Calbú
Superficie: 1974 ha

Propietario: Werner Haeussler

Ubicación:

Sistema de clasificación administrativa:

Región: Valparaíso
Provincia: San Antonio
Comuna : San Antonio
Sector: Leyda

Sistema de Clasificación Ecológica:

Reino: Templado
Dominio: Secoestival Mediterráneo
Provincia: Secoestival Nubosa

Limites prediales

Norte: Sector Cerrano
Oeste: Sector Cerrano
Este: Sector Cerrano
Sur: Ribera Predio Agrícola

Serie Suelo: Serie Lo Vásquez

Matriz de Fondo (rubro): Ganadero con sectores de producción frutal

Infraestructura: 12 corrales entre 3750 y 6900 m^2 aprox. para 2000 animales en 5,5 ha.
Sector de administración
Casa propietario
Sector almacenamiento de alimentos

Manejo Purines: Colección de purines a través de flujo constante de agua sobre la vereda de alimentación. Limpiezas de corrales en verano

Observaciones

Posee diferentes usos del territorio, dentro de las cuales hay 90 ha dedicadas a fruticultura, 180 ha con riego por pivote central (divididas en 49 ha para maíz y 130 ha para una asociación de avena-ballica), 256 ha de pradera sembrada de la asociación falaris - ballica - trébol subterráneo. También cuenta con 80 ha para crianza de ganado.

El predio colinda con otros predios dedicados al agro, pero se encuentra aislado debido a la existencia de lomas o pequeños cerros que generan encajonamiento de éste.

Hacia el sector Noroeste del fundo (fuera) se encuentra un amplio tranque de agua utilizado para acumulación de agua y actividades recreativas.

El sector Urbano más próximo es el pueblo de Leyda a 14 Km. aproximadamente. Además se encuentra a 28 km. del puerto de San Antonio

El sector es netamente rural, dedicado a la producción de vinos, ganadería y trigo.

El predio cuenta con acceso a través de la ruta 78 y luego por un camino de tierra sin dificultad para el paso de vehículos.

Las precipitaciones se concentran en invierno y aumentan desde 400 a 900 mm (Gasto *et al*, 1993). Para el caso del Fundo Calbú, las precipitaciones anuales alcanzarían los 447,1 mm (Tabla 2). Tanto la temperatura como la humedad están bajo dominio marítimo. La neblina y nubosidad penetran desde la costa, y durante el estío ayudan al desarrollo de la vegetación de matorral costero (Gasto *et al*, 1993)

Su régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio entre una máxima de enero de 27,4°C y una mínima de Julio de 6,1°C. El periodo libre de heladas es de 339 días, con un promedio de 1 helada por año. Evidencia cierto grado de influencia oceánico que se manifiesta en inviernos relativamente benignos, con baja incidencia de heladas y veranos moderados.

Los suelos de mayor calidad agrícola son destinados a la producción frutal del predio, mientras que las zonas de pendientes más fuertes y suelos de menor calidad se destinan a praderas y crianza de novillos.

El suelo ubicado en los corrales presenta una superficie bastante dura e impermeable (características propias del suelo y sellado a lo largo de los años), el cual en los sectores altos presenta cárcavas producto de la erosión.

Las napas subterráneas están cerca de la superficie debido a la cercanía del embalse Las Palmas.

Los animales poseen una ganancia de peso diaria de 1,5 kg. /día aproximadamente durante el periodo en el feedlot. Respecto a las razas de los animales, en su mayoría se trata de tipo criollo, es decir overo negro y clavel alemán. No obstante, se puede encontrar de animales tipo frisón americano y cruzas con Hereford y Angus, entre otras.

Durante los meses de verano los animales no se encuentran en el feedlot, sino que se mantienen en los rastrojos de los cultivos, para un aprovechamiento total del cultivo.

La mayoría de los animales son comprados listos para la engorda, llegando de la recría con un peso cercano a las 300 a 350 kg. También, se crían cerca de 180 animales en el predio.

La dieta, generalmente, tiene como ingredientes principales el ensilaje de avena-ballica, ensilaje de pradera compuesta de falaris-trébol subterráneo (ambos producidos en el predio), además guano de broiler, glutor y grano de maíz roleado, comprados a externos.

Los animales son alimentados dos veces al día, una vez en la mañana y otra en la tarde.

Durante el periodo de engorda, solo se recolectan las fecas que se encuentran sobre la vereda de alimentación. Esta limpieza se realiza a través de un flujo de agua constante, de aproximadamente 0,5 litros por segundo. El agua utilizada para esta limpieza, proviene de un estanque ubicado en altura, a continuación de los corrales. Una vez que el flujo de agua recorre a lo largo de toda la superficie de la vereda de alimentación, es recibido por un canal de recolección y finalmente en un tranque colector. Por motivos de lluvias excesivas durante el invierno recién pasado (2006), el tranque recolector se encuentra superado en su capacidad de almacenamiento. Producto de este exceso de carga, actualmente se elimina continuamente un flujo de purines hacia un pequeño cauce natural de agua, el cual termina en el tranque Las Palmas.

Durante los meses de verano, mientras los corrales se encuentran sin animales, se recogen los excesos de purines que permanecieron sobre el suelo de los corrales y se utilizan como abonos para los cuarteles frutales, la viña, la pradera y los cultivos realizados en el sector de riego por pivote.

El propietario posee una vivienda ubicada cerca de la entrada al predio, mientras que el casco del fundo se encuentra en la parte central, a un costado del pivote central, en una zona cercana al *feedlot.*

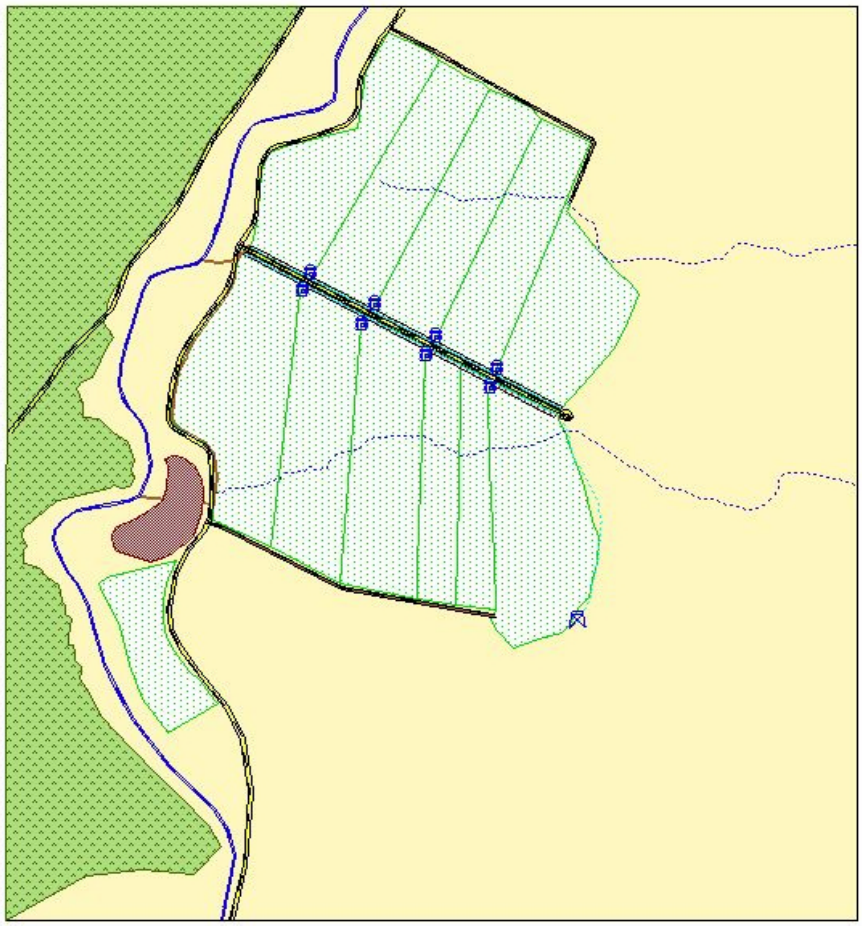
Existe además en la cercanía al feedlot, un patio de almacenamiento, donde están ubicados los silos y el resto de alimentos que son incluidos en la dieta.

Para el riego se cuenta con un sistema de pivote central, el cual abarca 180 ha de cultivos.

En el fundo Calbú en total trabajan 29 personas. Para el buen funcionamiento del *feedlot* existe una persona a cargo y entre 6 a 9 trabajadores en las labores que demanda la actividad.

Los animales que llegan al feedlot, provienen algunos del sur de Chile, de la zona de Osorno. Otro animales, son comprados a productores de novillos para engorda de la zona. Estos novillos llegan al feedlot con un peso inicial entre los 270 y 300 kg.

La venta de los animales se realiza tanto en feria como a mataderos de la región Metropolitana. Esta venta se realiza cuando los animales tienen un peso aproximado de 450 Kg.



Camino
Camino Animales
Bebedero
Estanque
Flujo de Agua
Cauce natural
Canal Recolección
Cañería
Quebrada Natural
Flujo Vereda Alimentación
Corral
Pozo Colector Purines
Vereda Alimentación
Sector Nogales
Deslinde

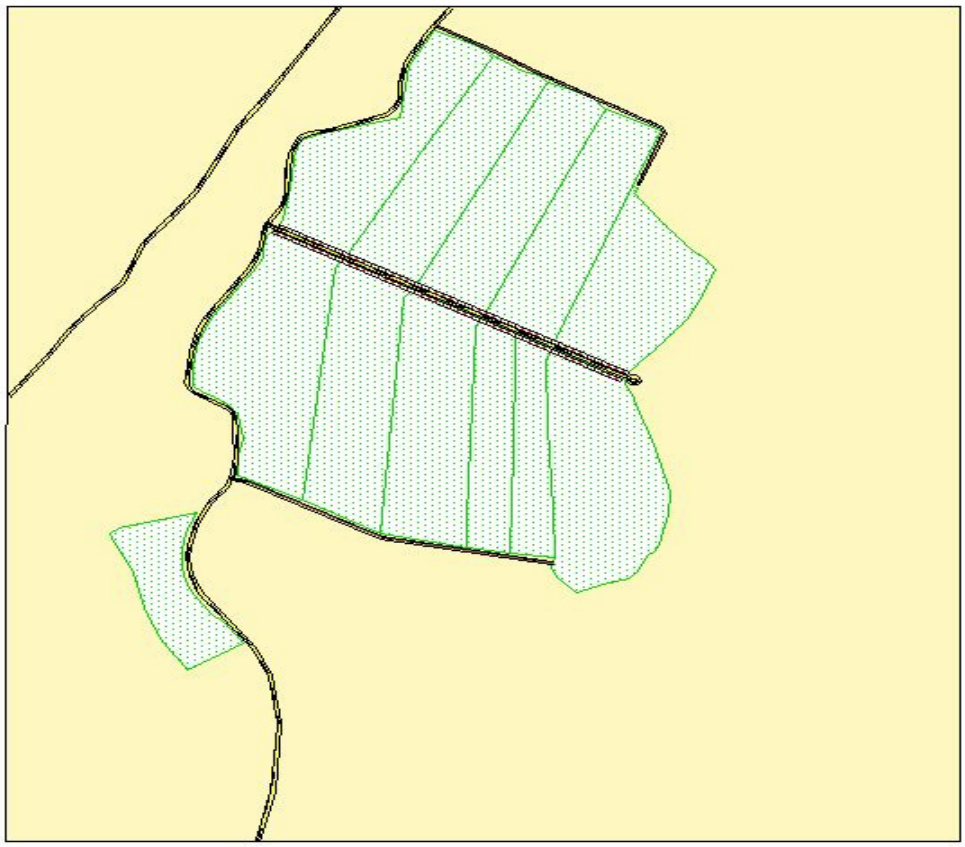
Predio: Fundo Calbú
Superficie: 1974 ha
Carta: Zona Corrales

Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Melipilla
Comuna: Leida

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:3500



N

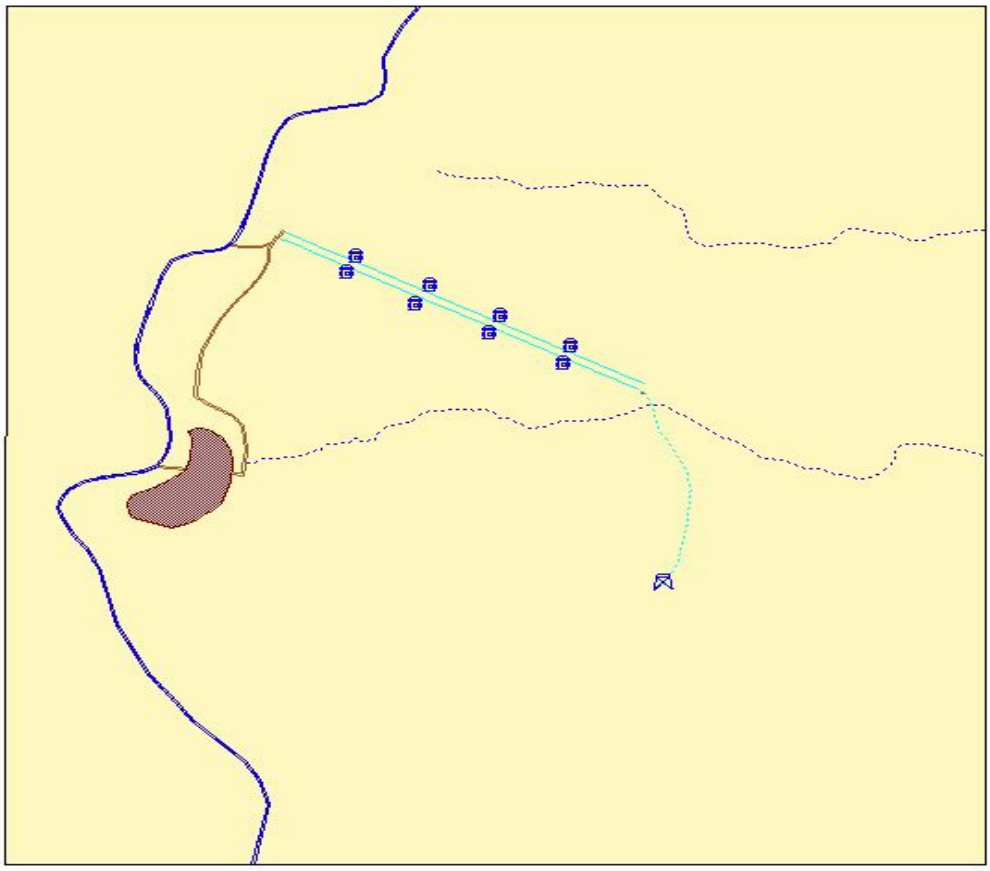
Camino
Camino Animales
Vereda Alimentación
Corrales
Deslinde

Predio: Fundo Calbú
Superficie: 1974 ha
Carta: Tecnoestructura
(Zona Corrales)

Ubicación
Región: Metropolitana
Provincia: Melipilla
Comuna: Leida

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:3500



Bebedero
Estanque
Cauce Natural
Canal Recolección
Cañeria
Quebrada Natural
Flujo Vereda Alimentación
Deslinde
Pozo Colector Purines

Predio: Fundo Calbú
Superficie: 1974 ha
Carta: Hidroestructura
(Zona Corrales)

Ubicación
Región: Metropolitana
Provincia: Melipilla
Comuna: Leida

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:3500

Descripción Predial: “Fundo Liguai”

Predio: Fundo Liguai
Superficie: 13 ha.

Propietario*:* Sociedad Agrícola El Lingal Ltda.

Ubicación:

Sistema de clasificación administrativa:

Región: Metropolitana
Provincia: Maipo
Comuna : Paine
Sector: Huelquén

Sistema de Clasificación Ecológica:

Reino: Templado
Dominio: Secoestival Mediterráneo
Provincia: Secoestival Prolongada

Limites prediales

Norte: Sector de hortalizas
Oeste: Sector frutal
Este: Sector matorral
Sur: Ribera Estero “*El Inca”*

Serie Suelo: Serie Pintué.

Matriz de Fondo (rubro): Ganadero.

Infraestructura: 19 corrales de 3000 m^2 aprox. para 3800 animales en 12 ha.
2 bodegas de alimentos
Casa habitación

Manejo Purines: Colección de purines a través de quebradas naturales acentuadas en corrales a suelo descubierto.

Observaciones

El feedlot está ubicado próximo a la zona de Angostura en un sector de cercano a cordones montañosos, lo que explicaría las características del suelo presentes en el feedlot. El sector urbano más próximo es el poblado de Huelquén, ubicado a poco más de un kilómetro del feedlot. La mayoría de los pobladores de Huelquén trabajan en labores agrícolas, teniendo sus centros urbanos a orillas del camino.

A un costado del feedlot pasa un canal de regadío en donde son vertidos actualmente los desechos fecales de los animales

Consta de 12 ha en feedlot, dejando una hectárea para la instalación de un sistema de manejo de purines.

No existen Parques o Santuarios de la Naturaleza cercanos a la ubicación del predio.

Su régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían en promedio entre una máxima en Enero de 28,2°C y una mínima de Julio de 4,4°C. Posee 231 días libres de heladas, con un promedio de 11 heladas al año. Registra 1621 días grado (base 10°C) y 1147 horas frío (base 7°C). El régimen hídrico registra una precipitación anual de 419 mm, un déficit hídrico de 997 mm y periodo seco de 8 meses. Se caracteriza por veranos calurosos y secos, inviernos fríos. Es un clima tipo de valle central. (Santibañez y Uribe, 1990)

Debido a la remoción de la capa superficial del suelo, para la acentuación de las quebradas en los corrales, el suelo presenta un alto grado de pedregosidad. Dicha remoción hace que el sellado (con estiércol) del suelo aún se esté produciendo

El predio esta exclusivamente dedicado a la producción de carne bovina. Dentro de las razas utilizadas para la engorda es posible encontrar: Clavel Alemán, Frisón, Angus, Hereford y en general animales híbridos. El destino de estos animales una vez concluida su etapa de engorda son frigoríficos.

El predio no cuenta con superficie para producir sus propios ingredientes, por lo que se elabora una dieta en base a subproductos de la industria de alimentación humana.

Las ganancias de peso rondan entre 1,0 a 1,2 Kg. dia^{-1}. Para un mejor crecimiento de los novillos se utilizan implantes de hormonas anabólicas durante el periodo que se encuentran en el feedlot.

El predio solo realiza la etapa de engorda, por lo que los novillos son transportados hasta Huelquén desde predios ubicados en la Novena y Décima Región.

Para el manejo de los purines, se acentuó en los corrales pequeñas quebradas naturales por donde escurren al acumularse en el corral. Estas quebradas terminan en canales recolectores, los que a su vez bordean al feedlot hasta llegar a la orilla del Estero El Inca.

En los corrales existe una vereda de alimentación de 2 m de ancho donde el animal permanece la mayor parte del tiempo comiendo. Es en este lugar donde se produce la mayor cantidad de fecas en un día por animal. Generalmente se limpia la vereda dos a tres veces durante la temporada de engorda.

Actualmente el estiércol producido no recibe ningún tipo de tratamiento, simplemente es descargado a la orilla del Estero El Inca. Se está elaborando un sistema de tratamiento de purines a través de un sistema wetland.

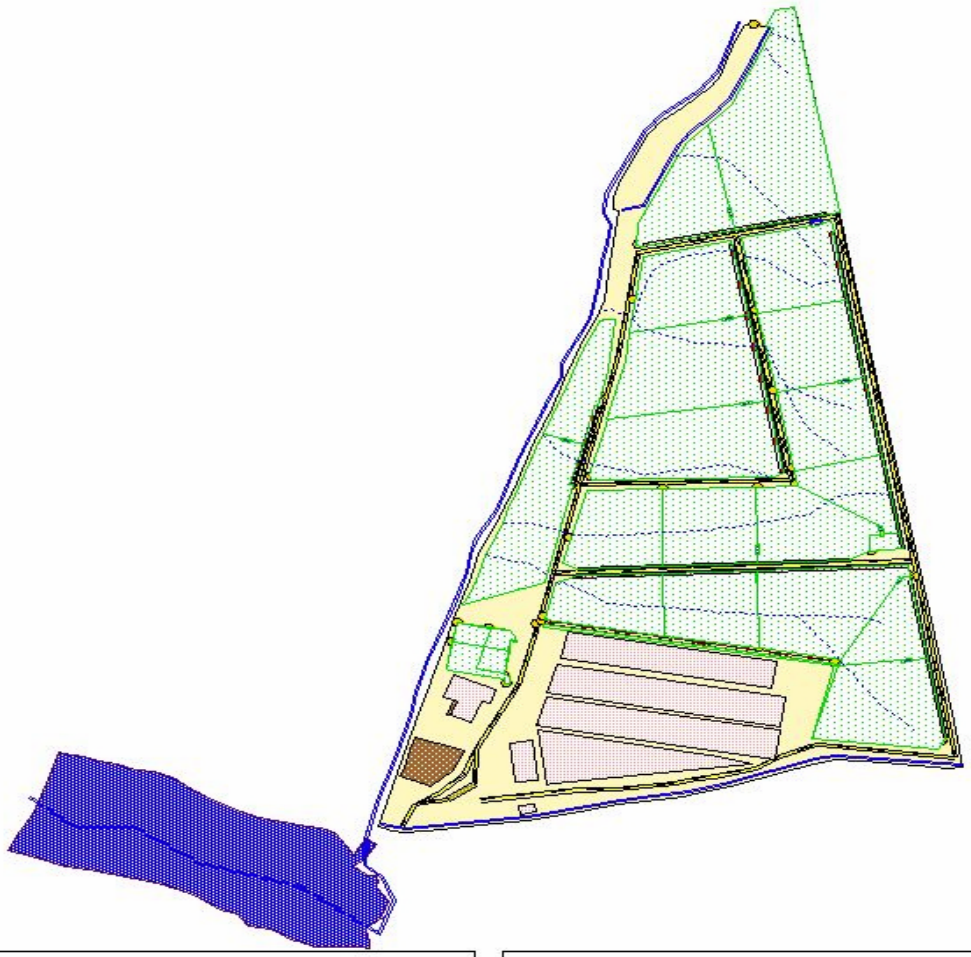
El feedlot cuenta con corrales de ingreso de los animales, equipados con una rampa para descarga de camiones. También, estos corrales presentan una manga para tratamientos de animales y una pesa tipo romana para el control de peso de los novillos.

Los alimentos son almacenados en bodegas creadas especialmente para ello, lo que asegura que los alimentos tengan buena conservación. A un costado de las bodegas de alimentos, se encuentra el sector de ensilajes (tipo parva). Para los efluentes del silo existe un sistema de canaletas que terminan en un canal mayor.

En el feedlot se encuentran instalaciones para los trabajadores como baños, casino además de una oficina para el administrador ubicada fuera del feedlot, aproximadamente a 5 km.

Existen casas próximas al feedlot a unos 300 metros al oeste, además de la casa del cuidador mencionada anteriormente. Existen cortavientos naturales alrededor del feedlot. El feedlot cuenta con 10 trabajadores además de un administrador.

Los novillos ingresan al feedlot con un peso promedio de 370 Kg. (precio de mercado). La venta se realiza a frigoríficos (mataderos) de la región metropolitana, con un peso de los animales cercano alrededor de los 500 kilos. Durante el 2006 se estima que se producirán 6000 cabezas de ganado



Quebrada Natural
Canal Artificial
Corrales
Romana
Almacenamientos
Vereda de Alimentación y Comedero
Casa
Sector Descarga Purines
Cañerias de Conducción Purines
Porton
Bebederos
Camino
Camino Animales
Deslinde

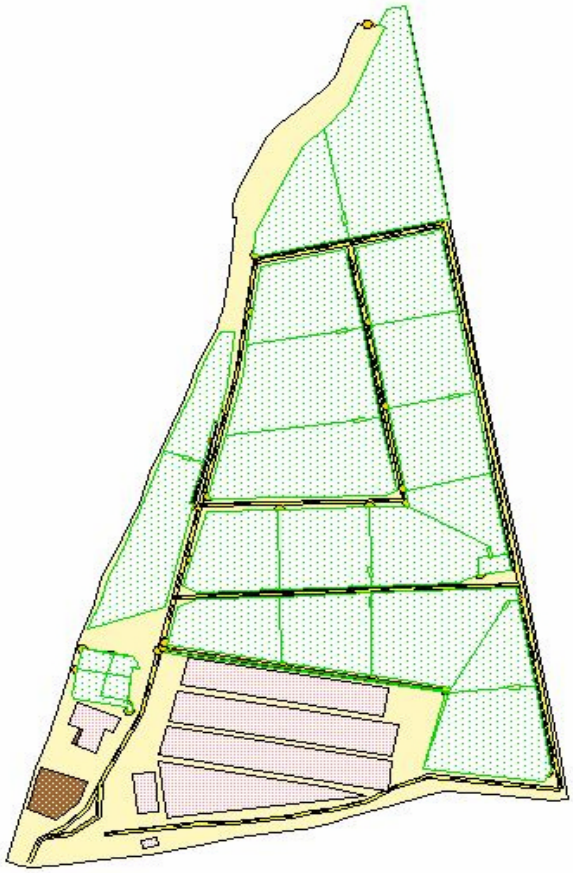
Predio: Fundo Liguai
Superficie: 12 ha
Carta: Vista General

Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Maipo
Comuna: Paine

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:4600



N

Corrales
Romana
Almacenamientos
Comedero
Casa
Vereda
Portones
Camino
Camino Animales
Deslinde.shp

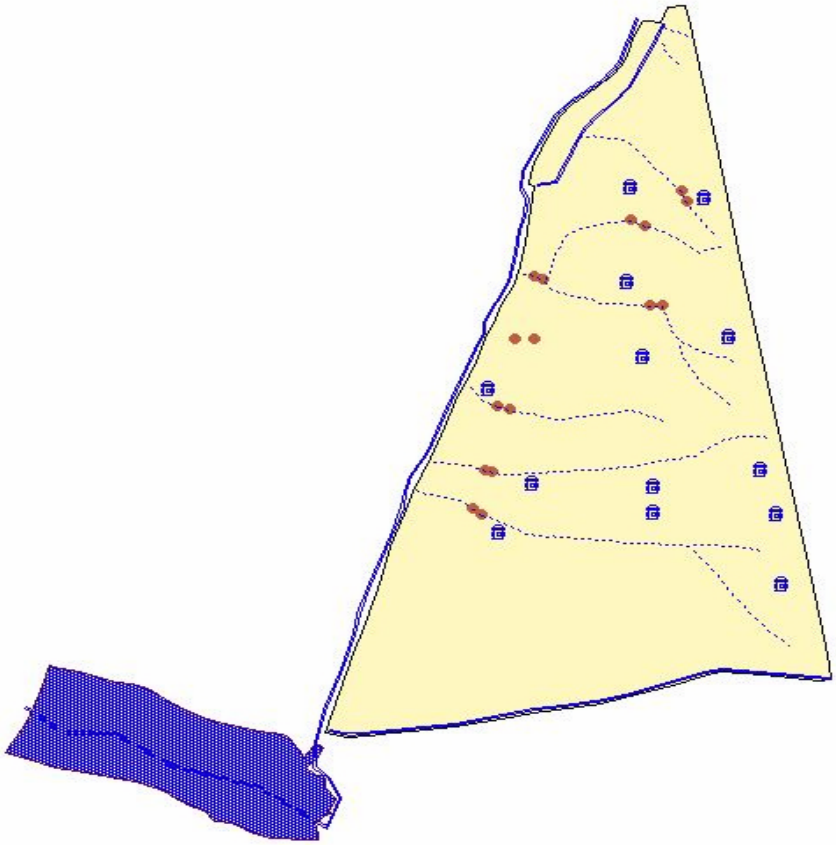
Predio: Fundo Liguai
Superficie: 12 ha
Carta: Tecnoestructura

Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Maipo
Comuna: Paine

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:4600



Quebrada Natural
Canal Artificial
Descarga de Purines
Cañería de Conducción de Purines
Bebederos
Deslinde

Predio: Fundo Liguai
Superficie: 12 ha
Carta: Hidroestructura

Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Maipo
Comuna: Paine

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:4600

Descripción Predial: "Fundo Santa Magdalena"

Predio: Fundo Santa Magdalena
Superficie: 305 ha.

Propietario*:* Familia Burgos

Ubicación:

Sistema de clasificación administrativa:

Región: Bio Bio
Provincia: Arauco
Comuna : Cañete
Sector: Paicaví

Sistema de Clasificación Ecológica:

Reino: Templado
Dominio: Húmedo "Selva Templada"
Provincia: Húmeda de Verano Fresco

Limites prediales

Norte: Predio Agropecuario
Oeste: Predio Agropecuario
Este: Predio Agropecuario
Sur: Ribera Río Paicaví

Serie Suelo: Serie Curanipe o Antiquina

Matriz de Fondo (rubro): Ganadero

Infraestructura: 8 corrales de 3500 m^2 aprox. para 2000 animales en 5-6 ha.
1 Bodega de alimentos
Sector de almacenamiento (silos)
Casa habitación

Manejo Purines: Colección de purines a través de canales artificiales en corrales a suelo descubierto, acumulación en pozo purinero y descarga en vega

Observaciones

El sector urbano más próximo al predio es la ciudad de Cañete, aproximadamente a 20 Km. La cercanía al mar, alrededor de 1,5 Km., determina características edáficas como climáticas del predio.

El sector rural en el que se encuentra el fundo corresponde principalmente a pequeños agricultores de subsistencia de los cuales algunos son de origen indígena (Mapuche).

En sectores cercanos al fundo se encuentran lagunas que son habitadas por cisnes de cuello negro, lo cual refuerza aún más la necesidad de tener un correcto manejo de purines en el plantel animal.

La zona es principalmente forestal, sin embargo la agricultura y ganadería presentan una importante participación. Estas actividades generalmente tienen carácter de subsistencia con pocos propietarios que presentan una producción a mayor escala.

El clima sería permanentemente húmedo y con posibilidades de precipitaciones anuales, fluctuantes desde más de 1.000 mm en Concepción hasta 2.400 mm en Valdivia. (Wikipedia, 2006; Gastó et al, 1993).

Este clima presentaría un invierno con temperatura mínima absoluta del mes más frío superior a –2,5 ºC, con una mínima promedio de este mes inferior a 8 ºC. Presenta un periodo libre de heladas superior a 4,5 meses y una temperatura máxima media de los 4 meses más cálidos superior a 17 ºC. El régimen térmico de esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 12,7 ºC, con máxima del mes más cálido (Enero) de 21,6 ºC y mínima media del mes más frío (Agosto), de 6,2 ºC. La temperatura media mensual, se mantendría sobre los 10 ºC entre los meses de septiembre a mayo. (Novoa y Villaseca, 1989).

Según MOP (1989), el suelo de la zona presentaría napas libres o semiconfinadas, además de una permeabilidad y calidad química variable.

Estos datos concuerdan con las propiedades del suelo encontradas en el predio. Sin embargo, en el sector del feedlot y en general en la franja del predio que bordea el río Paicaví, el suelo presenta un contenido de arena importante. Este gran contenido de arena

otorga condiciones al suelo que van en beneficio de la infiltración de líquido y purines que fuesen aplicados.

El predio está dedicado exclusivamente a la producción de carne bovina. Para esto produce cultivos destinados a la alimentación del ganado. Generalmente se utilizan razas bovinas especializadas en la producción de carne tales como Angus, Clavel Alemán, Hereford y también híbridos de estas y otras razas. El destino de estos animales, una vez finalizada su etapa de engorda, son los frigoríficos y ferias de ganado.

Para la alimentación de los novillos, el predio produce cerca del 70% de los ingredientes utilizados en la dieta. Dentro de los cultivos producidos se pueden distinguir 340 hectáreas de triticale (Triticum secale) correspondiente a un fundo cercano del mismo propietario; aproximadamente 200 hectáreas de Ballica anual (Lollium multiflorum), además de cerca de 100 hectáreas de maíz (Zea maíz). De éste último, 50 hectáreas se encuentran bajo riego por pivote central.

Las ganancias de peso de los animales alcanzan hasta 2,0 Kg. día^{-1}. Durante el periodo de engorda se utilizan implantes de hormonas para un mayor crecimiento de los novillos.

Este predio presenta las etapas de cría, recría y engorda. Sin embargo la crianza se encuentra en proceso de eliminación. Los corrales presentan pendientes desde 4% a 12% en el sector Nor y Sur Oeste respectivamente.

La dieta para los animales consta principalmente de ensilaje de maíz, grano de triticale y heno de pradera. Además, se utiliza maíz roleado y expeller de soya. El costo al momento de la realización del estudio alcanza los $ 525 aproximadamente.

No existe un sistema de tratamiento ni manejo previo de purines. Solo se conducen los purines por medio de canales artificiales presentes en cada corral los cuales terminan en un pozo colector. El canal colector de todos los corrales presenta un ancho promedio de 1.20 m, presenta bordes débiles y con desmoronamiento constante de sus paredes.

El corral presenta una vereda de alimentación de cemento de 2 m de ancho. Es en este lugar donde el animal produce la mayor cantidad de fecas puesto que pasa el mayor tiempo del día alimentándose. El estiércol que permanece en el corral es recogido cada dos meses aproximadamente.

Existe un pozo de almacenamiento, donde terminan los canales colectores, de 17 m de largo, 10 m de ancho y 2,5 m de profundidad aproximadamente. Este pozo tiene un canal de salida para evitar el rebalse por los costados, el cual termina en una vega cubierta por pinos y otros árboles.

A menos de 10 metros, a un costado del feedlot y la casa del cuidador, pasa un estero que desemboca en el Río Paicaví.

El feedlot presenta 8 corrales con comederos tipo canoa, bebederos para cada corral y un pasillo de alimentación central. Además presentan espacios de sombra con pinos de 3 metros de altura aproximadamente.

El sector de comederos se encuentra cubierto por un techo que no presenta canaletas de colección de aguas lluvia.

Existen corrales de ingreso de los animales, además de una manga y una balanza para el control de peso de entrada y salida de los animales. En general, los portones y estructuras son metálicos. A continuación de estos corrales, existen tres oficinas junto con 5 pesebreras destinadas a enfermería, para animales con problemas mayores de salud.

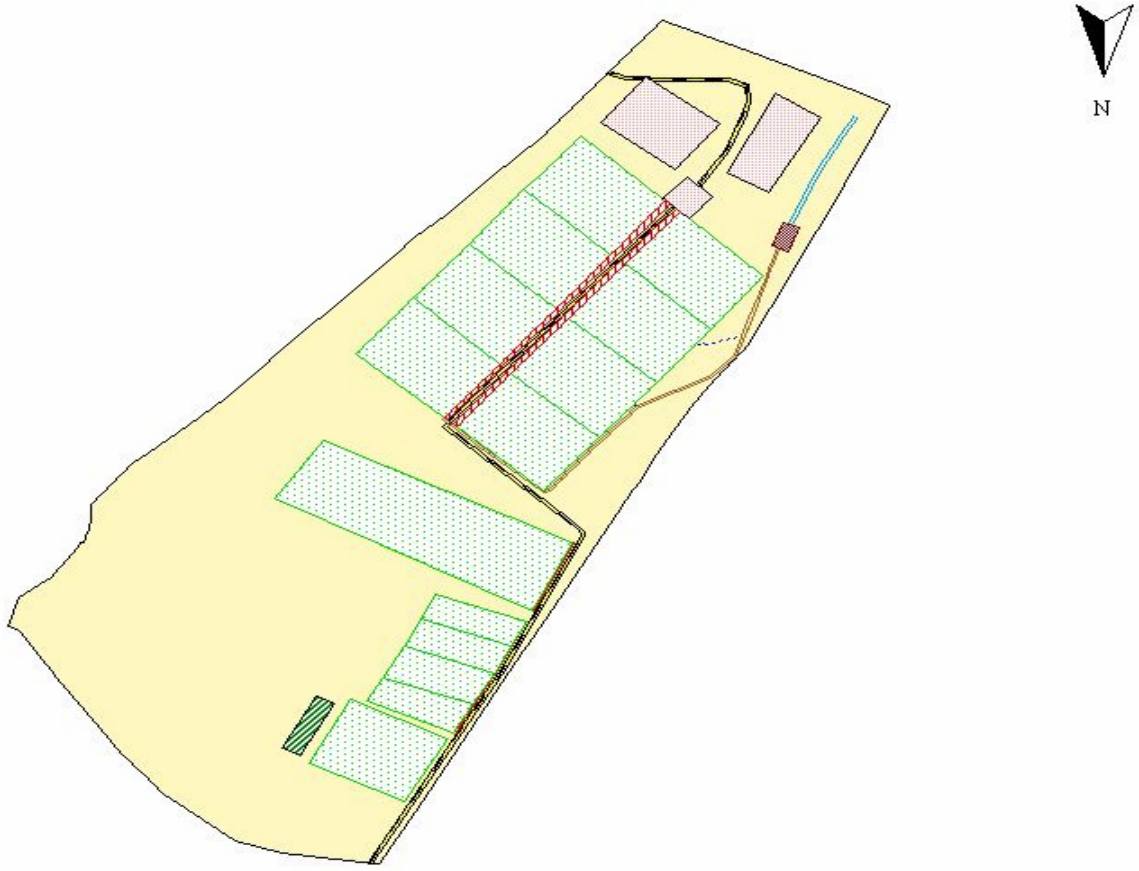
Para el almacenamiento de los alimentos (expeler, maíz roleado, triticale) se utilizan galpones al costado de los corrales. Además, se cuenta con un silo de trinchera para el almacenamiento del ensilaje de maíz.

En el galpón de almacenamiento de alimentos se encuentran camarines, baños, un casino para los trabajadores (10) y oficinas para los administradores del feedlot.

Existe una pequeña casa (cuidador) a unos 200 m del feedlot.

La compra de novillos se realiza a pequeños ganaderos cercanos al predio, los cuales forman parte de un programa de desarrollo de proveedores realizado por los dueños del predio en conjunto con la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). La compra se realiza a precios de mercado y generalmente existe cierto tipo de negociación de precios.

Se estima que durante el año 2006 la venta de novillos va a alcanzar aproximadamente 3500 cabezas de ganado.



Bebedero
Quebradas Manejo
Camino
Canal Descarga Pozo
Canal Recoleccion Purines
Almacenamiento
Corrales
Enfermeria
Pozo Purinero
Vereda Alimentación
Deslinde
Oficinas

Predio: Fundo Santa Magdalena

Superficie: 305 ha

Carta: Zona Feedlot

Ubicacion

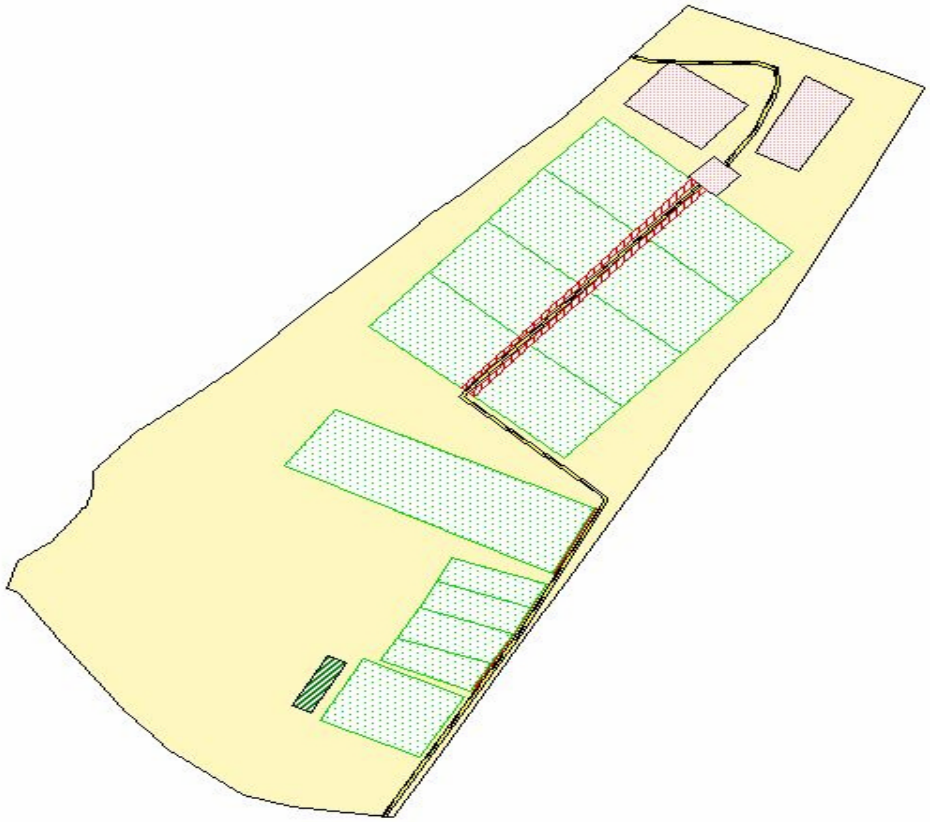
Región: Bio Bio

Provincia: Arauco

Comuna: Cañete

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala 1:3000



Camino
Almacenamiento
Corrales
Enfermeria
Comederos y Vereda Alimentación
Deslinde
Oficinas

Predio: Fundo Santa Magdalena

Superficie: 305 ha

Carta: Tecnoestructura
(Sector Corrales)

Ubicacion

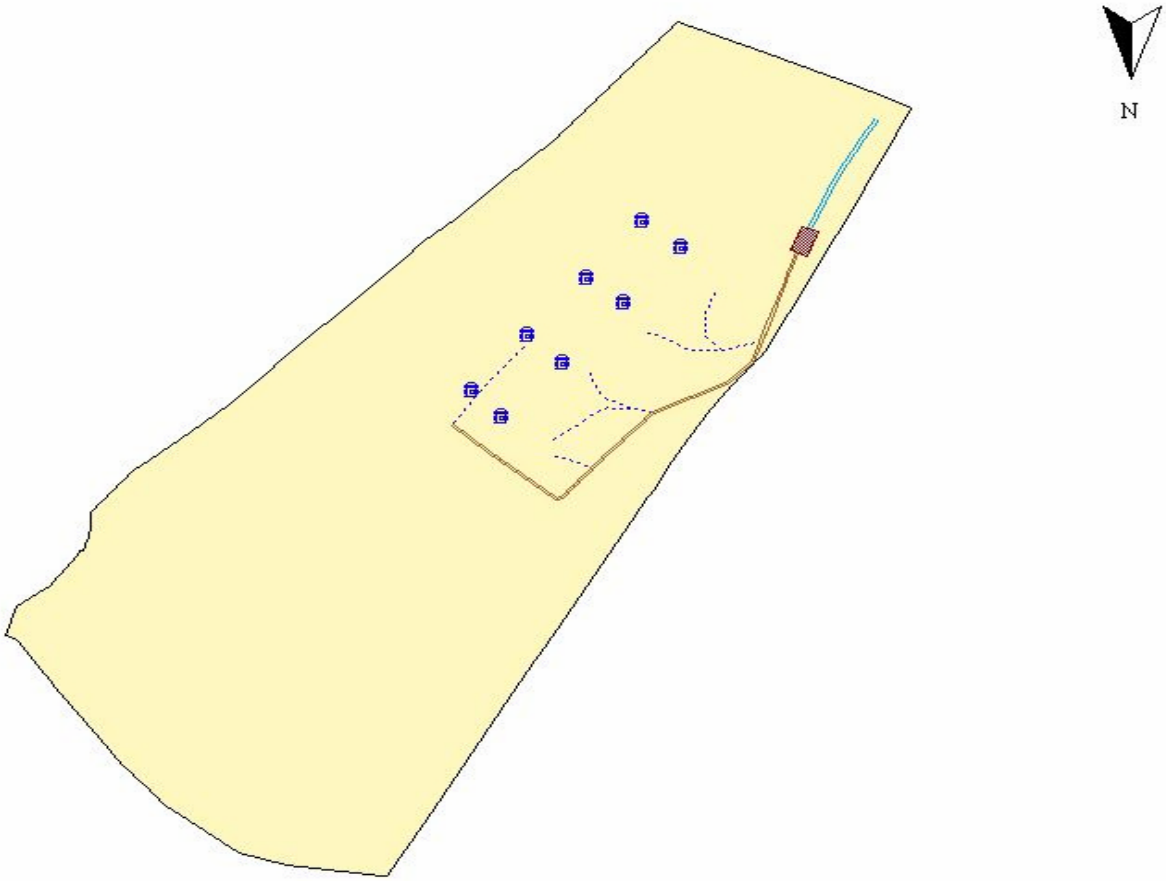
Región: Bio Bio

Provincia: Arauco

Comuna: Cañete

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala 1:3000



Bebedero
Quebradas Manejo
Canal Descarga Pozo
Canal Recoleccion Purines
Pozo Purinero
Deslinde

Predio: Fundo Santa Magdalena

Superficie: 305 ha

Carta: Hidroestructura
(Sector Corrales)

Ubicacion

Región: Bio Bio

Provincia: Arauco

Comuna: Cañete

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala 1:3000

Diagnóstico Fundo “Calbú”

Características Generales del Entorno

Presencia de bastantes zonas de cerrano con pendientes naturales aprovechables para el correcto manejo y conducción de purines. Existe presencia de hidroestructuras naturales importantes en tamaño y eventual funcionalidad.

Su ubicación alejada de zonas urbanas (Leyda ubicado a 14 Km.) le permite no presentar mayores riesgos de reclamos de vecinos por posibles malos olores o presencia de moscas.

Variables Edafoclimáticas

El tipo de clima es estable en el tiempo con déficit de agua en las épocas de sequía, este factor es importante debido a la vertiente de la cual se obtiene el agua para los manejos del feedlot, entre ellos la recolección de purines de la vereda de los corrales. Lavado de purines sin control del agua, sólo se produce si hay agua disponible desde la vertiente almacenada en un tanque colector.

Al producirse lluvias, el arrastre de los purines llega fácilmente hasta un tranque natural ubicado en sector Noroeste fuera del fundo.

El suelo de los corrales del feedlot es bastante duro e impermeable, debido a un largo proceso de sellado en el tiempo.

La pendiente fuerte que presentan los corrales del feedlot, más las intensas corrientes de aguas lluvias producidas en los meses de invierno, han ido produciendo importantes cárcavas en los sectores más altos del feedlot.

Foto 7: Erosión en corrales de engorda.

Fuente: Elaboración propia.

Hay sectores del predio en los cuales la napa subterránea se encuentra a menos de 1 m de profundidad, generalmente ubicado en sectores planos, lo cual grafica la alta posibilidad de contaminación de napas subterráneas.

Gran variación de suelos dentro del predio (profundidad, altura de la napa y perfiles), lo que debe considerarse a la hora de la aplicación del abono.

Variables Productivas

Se construyó un pozo almacenador de purines el cual fue cubierto con vegetación, debido al arrastre de sedimentos producidos en los corrales. La fracción líquida se va por un canal hasta el tranque natural fuera del predio. Esta fracción no se utiliza como fertilizante. No existe una optimización de los recursos orgánicos.

Existe una basta superficie (frutales, cultivos, cerros, crianza, etc.) que no se está utilizando eficientemente en la entrega del material producido en los corrales.

Actualmente se están construyendo corrales sin considerar el manejo de los purines del feedlot.

Dieta

La dieta entregada en Calbú es bastante cambiante en el tiempo, ya que sus componentes van entrando y saliendo de su composición. Esto origina variaciones en la

composición nutritiva del estiércol producido. No es mucho el efecto que esto puede llegar a tener, ya que las aplicaciones son hechas en el mismo campo y no se busca una enmienda orgánica de calidad de venta.

Los componentes forrajeros son cultivados en el mismo predio, por lo que el estiércol producido se puede utilizar en su fertilización.

Manejo de Purines

No existe un mayor manejo en lo que respecta a los purines del feedlot. El manejo es realizado por un flujo constante de agua, el cual es ineficiente ya que recorre todo el largo de la vereda sin limpiar el material depositado en ella.

No existe un pozo de almacenamiento previo a algún tipo de descarga a los cultivos, lo que impide el control adecuado del flujo de purines, contaminando canales y cauces de agua natural. Anteriormente se construyó un pozo de almacenamiento de purines, pero debido al mal manejo hoy en día se encuentra cubierto de vegetación (malezas) y sin un funcionamiento determinado, solo está ocupando un espacio que pudiese ser más útil en otras cosas.

Foto 8: Pozo purinero no funcional.

Fuente: Elaboración propia.

El estiércol acumulado, al final del año se apila dentro de cada corral, luego es removido para ser entregado a cultivos y principalmente a frutales en otoño, siendo esta época la menos recomendada para este tipo de aplicaciones por el alto riesgo de lixiviación.

Foto 9: Estiércol acumulado en corrales.

Fuente: Elaboración propia

El manejo de purines en la vereda se encuentra sujeto la disponibilidad de agua de la vertiente. Este flujo de agua es constante, pero sin mayor fuerza para la correcta remoción del estiércol acumulado.

Variables de Infraestructura

No existe ningún tipo de estructura destinada al manejo de los purines del feedlot, excepto el canal recolector del flujo proveniente de la vereda de alimentación. Se construyó un pozo de almacenamiento el cual colapsó al poco tiempo de utilización.

Variables Socio – Demográficas

La contaminación del tranque puede provocar daños al turismo o actividades de recreación realizadas en el embalse ubicado fuera del predio.

La ubicación geográfica del predio impide tener mayores problemas de malestar en la población.

Variables Económicas

La utilización ineficiente del recurso fertilizante permite tener gastos innecesarios en fertilizantes inorgánicos.

Resultados Ensayo lixiviación de Nitratos

Las muestras de suelos extraídas en el predio Calbú de Leyda fueron analizadas en el Laboratorio de suelos de la Universidad Católica, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 20: Nitrógeno inicial y final en muestras de suelos.

LEYDA	**N disponible ppm**	**Materia Orgánica %**
Muestra suelo Inicial	88	4,23
Muestra suelo Control Final	18,34	3,49
Muestra suelo Purines Final	20,92	4,51

Fuente: Laboratorio suelos UC:

Tabla 21: Resultados de lixiviación de Nitrógeno.

Líquido percolados	**Volumen lixiviado (ml)**	**NO3 mg/L (ppm)**	**NH4 mg/L (ppm)**
Control	0	0,000	0,000
Columna 2	60	3,800	0,310
Columna 3	200	9,000	0,410
Columna 4	400	15,200	0,110

Fuente: Laboratorio suelos UC.

Diagnóstico: Fundo Liguai

Características Generales del Entorno

La proximidad al pueblo de Huelquén podría ocasionar problemas de olores, moscas y contaminación de napas subterráneas y cauces de agua superficiales.

El establecimiento del feedlot en una zona de cordones montañosos, genera alta pedregosidad en el suelo de corrales

Variables Edafoclimáticas

Las temperaturas y precipitaciones existentes en la zona provocan periodos de sequía estival y precipitaciones concentradas en invierno. Debido a esto, el manejo de purines a través de las quebradas se ve dificultado durante el verano e invierno.

La concentración de precipitaciones en invierno y el mal manejo de las quebradas naturales, produce el desborde de purines por los costados de los corrales hacia los caminos del feedlot y corrales vecinos.

Durante el periodo seco el escurrimiento de los purines desde los corrales es escaso o nulo.

El lavado de purines se encuentra sujeto a la ocurrencia de precipitaciones que faciliten el escurrimiento de los purines hacia el emplazamiento del sistema de tratamiento.

Debido a la alta pedregosidad del suelo, se presentan problemas con estancamiento del material proveniente de corrales (fecas, rocas, agua, etc.), lo que impide el correcto flujo de purines a través de las cañerías y canales colectores. También, se debe tomar en cuenta los problemas ocasionados a los propios animales causado por las piedras presentes en sus corrales. Además, la alta pedregosidad en el perfil de suelo permite un mayor paso de líquidos lixiviados.

Actualmente en los corrales se está realizando un proceso de sellado en la capa de suelo superficial, debido a la acentuación de las quebradas naturales.

No existen manejos para evitar la erosión sobre las quebradas utilizadas para la conducción de purines.

Variables Productivas

La elaboración de la dieta es en base a subproductos de la agroindustria, por lo cual no existen cultivos a los que se les pueda aplicar los purines generados. La rotación anual de animales (aproximadamente 6000 en 12 ha) refleja un alto grado de intensificación en la producción de purines, lo cual obliga a la creación de un eficiente sistema de manejo purinero.

Dieta

Al ser relativamente constante la conformación de la dieta en el tiempo, otorga una composición nutricional de purines estable, lo cual facilita la elaboración del sistema de tratamiento.

Manejo de Purines

El manejo realizado actualmente en el feedlot se limita a la recolección y descarga de purines al estero "*El Inca*", sin ningún tratamiento previo más que la dilución provocada por la lluvia. Se realizó una acentuación de quebradas naturales presente en los corrales, la cual fue deficiente, por lo que los purines se acumulan en las esquinas de algunos corrales escurriendo hacia los caminos en épocas de fuertes precipitaciones. La vereda de alimentación está construida de cemento lo que facilita un "paleo" de recolección de estiércol periódico (dos a tres veces al año).

Foto 10. Escurrimiento de purines fuera del corral.

Fuente: Elaboración propia

El diámetro de las cañerías de unión entre corrales es muy pequeño, ya que se obstruye con piedras y sedimento arrastrado por las quebradas.

Foto 11. Cañerías de recolección de purines.

Fuente: Elaboración propia

El canal colector principal y las quebradas no presentan impermeabilización, lo cual origina problemas de derrumbe, erosión y lixiviación de líquidos

La casa del cuidador del feedlot está ubicada a un costado del canal colector de purines, lo que traería a corto plazo problemas de malos olores y moscas.

El lugar escogido para el sistema de tratamiento no es el más adecuado debido a que se encuentra en la ribera del estero *"El Inca"*, lo que podría generar algún tipo de problema con una eventual crecida del estero.

Foto 12: Sitio para el tratamiento de purines.

Fuente: Elaboración propia.

Variables Infraestructuras

Los corrales de ingreso no presentan descarga de purines hacia el canal colector principal a pesar de la cercanía que este se encuentra.

Los comedores se encuentran cercanos al canal colector principal de purines, lo que trae problemas de olores y moscas para los propios trabajadores del feedlot.

La presencia de cortavientos naturales alrededor del feedlot y otros plantados recientemente, evitan el escape de olores que puedan afectar a sectores vecinos.

Variables Socio - Demográficas

Existen casas próximas al feedlot a unos 300 metros al oeste que pueden ser afectadas por la utilización de aguas contaminadas con residuos orgánicos del feedlot.

Variables Económicas

Ineficiente utilización de los purines generados en los corrales del feedlot.

Diagnóstico Fundo Santa Magdalena

Características Generales del Entorno

El predio limita con el río Paicaví, el cual es contaminado en épocas de fuertes lluvias, debido a que los purines sobrepasan el pozo de almacenamiento y los lindes prediales.

En una zona cercana existe una laguna la cual alberga a cisnes de cuello negro, por esto es muy importante tener una correcta y conocida aplicación del fertilizante orgánico utilizado y sus componentes nutricionales.

Se encuentra bastante retirado de zonas pobladas, lo que no presentaría mayores problemas por posibles olores y moscas.

Variables Edafoclimáticas

Las precipitaciones en estas zonas son muy altas en invierno y de gran intensidad provocando serios problemas en el manejo de purines. La cantidad arrastrada por las lluvias produce rebalses en el pozo y desborde desde corrales hacia distintos lugares los cuales terminan en el río Paicaví.

Al ser recogidos los purines desde los corrales y aplicados en el terreno, también se presentan efectos adversos como una fuerte lixiviación después de su aplicación, debido a las lluvias caídas en el lugar.

La mayor cantidad de lluvias en el año y el acortamiento de la estación seca, reducen el periodo de aplicación de estiércol a cultivos durante el año.

Existen potreros con un tipo de suelo 100% arenoso, en el cual la lixiviación de nitratos es bastante fuerte (experimento), mientras que otros son de tipo arcillosos que impide en cierto grado de lixiviación de estos compuestos. Además, el suelo de tipo arenoso se encuentra a no más de 20m del río. Esta gran variación de suelos dentro del predio dificulta la racionalización en la aplicación de purines a los potreros.

La característica de arena en el suelo, en presencia de lluvias permite un mal flujo de purines hacia el canal recolector, ya que se producen desbordes del sedimento por diferentes lugares de los corrales.

El suelo presente en los corrales (Foto 13) de engorda es de tipo arenoso, lo que permite el fácil paso de nitratos a lo largo del perfil de suelo y contaminación de las napas subterráneas.

Se hace necesario realizar un manejo de los purines más rápido y dinámico, para evitar de este modo la posible percolación profunda y consiguiente contaminación de napas subterráneas.

Foto 13: Suelo corrales.

Fuente: Elaboración Propia.

Los corrales del sector oriente del feedlot presentan un tramo con pendiente de 12 %, lo que genera un severo efecto de erosión, el cual se agrava al momento de lluvias fuertes. Este suceso aumenta el volumen de cenizas que llegan al pozo de recolección.

Foto 14: Erosión en corrales con pendientes del 12%.

Fuente: Elaboración propia.

El suelo en la zona de almacenamiento de alimentos y ensilajes se encuentra más firme y de menor estructura arenosa que en los corrales.

Variables Productivas

Alto grado de intensificación de producción, lo cual lleva a una alta producción de purines.

La vereda de alimentación está hecha de cemento, material que facilitaría el “paleo” de recolección de estiércol periódico.

Dieta

La mayoría de los componentes presentes en la dieta son producidos en el mismo predio, lo que permite la utilización de los purines como fertilizante orgánico.

La composición de la dieta es estable en el tiempo, lo que permite conocer el comportamiento nutricional del estiércol producido.

Manejo de Purines

El manejo existente en el predio consta de la construcción de un pozo almacenador de purines con una capacidad 250 m^3 aproximadamente. Este pozo es un lugar provisorio, ya que su tamaño no se aplica a una funcionalidad eficiente en la colección de purines. Además, no presenta la impermeabilización requerida para este tipo de elementos por lo que sin duda existe una fuerte infiltración hacia el subsuelo de nutrientes provenientes de los purines, de igual forma no impide el escurrimiento de líquidos contaminantes fuera de este.

A continuación del pozo no existe ningún sistema de tratamiento adicional, por lo que los líquidos terminan depositados en una pequeña vega presente en el predio.

Otro problema recae en el desmoronamiento presente en los canales de recolección de purines, ya que no cuentan con una correcta impermeabilización y canalización en todo su trayecto.

Los corrales del sector Sur Oriente presentan un sistema de conducción de purines sin mayor elaboración. Además, al encontrarse alejados del pozo se requiere un manejo que no permita mayores pérdidas en el trayecto hacia el sistema de tratamiento.

Variables de Infraestructuras

Los corrales de llegada de los animales no presentan algún tipo de tratamiento de purines.

No existe un sistema de canaletas en el techo de los corrales que impida la contaminación de aguas limpias.

Variables Socio – Demográficas

La casa del cuidador está al lado del feedlot, lo que podría implicar molestias por olores y moscas a los habitantes de la casa.

No existe un sistema de canaletas en el techo de los corrales que permita la no contaminación de aguas limpias.

Variables Económicas

Mala utilización del recurso orgánico, ya que el productor no sabe cuanto se está aplicando a los potreros. Además el mal funcionamiento del sistema de recolección y almacenamiento de purines no permite una eficiencia mayor en la obtención del producto fertilizante final.

Resultados Ensayo lixiviación de Nitratos

Las muestras de suelos extraídas en el predio Santa Magdalena de Cañete fueron analizadas en el Laboratorio de suelos de la Universidad Católica, arrojando los siguientes resultados.

Tabla 22: Nitrógeno inicial y final en muestras de suelos.

CAÑETE	N disponible ppm	Materia Orgánica %
Muestra suelo Inicial	33,180	3,010
Muestra suelo Control Final	32,680	3,990
Muestra suelo Purines Final	74,060	2,510

Fuente: Laboratorio de Suelos UC.

Tabla 23: Resultados de lixiviación de Nitrógeno en columnas de suelos.

Líquidos percolados	Volumen lixiviado (ml)	Volumen lixiviado (L/m2)	N mg/L (ppm)	NO3 mg/L (ppm)	NH4 mg/L (ppm)
Control	100	15,72	4,24	2,50	0,09
Columna 2	1170	183,96	15,16	14,00	0,16
Columna 3	800	125,79	18,49	15,90	0,09
Columna 4	980	154,09	14,18	12,60	0,01

Fuente: Laboratorio de suelos UC.

Diseño Manejo de Purines

Una vez elaboradas las descripciones prediales y el diagnóstico de dicha situación, se procede a realizar el diseño del predio en cuestión. Esta etapa está basada en la cuatro dimensiones del diseño: funcionalidad, estética, vida - ocio y ambiental según Gasto, 2006.

Los tres predios analizados son de características productivas un tanto similares en lo que respecta a la alta producción y densidad animal. Sin embargo, se diferencian bastante en características prediales, territoriales, geográficas, agro climáticas y de gestión.

Es de importancia lograr distinguir y entender dichas diferencias para el posterior análisis y discusión de las necesidad ecológicas prediales.

La legislaciones ambientales y productivas en torno al tema de la gestión de residuos orgánicos provenientes de la ganadería mueven el factor común de estos tres predios: *el uso sustentable de los residuos orgánicos producidos en engordas bovinas de alta producción en confinamiento.*

La elaboración de sistemas de tratamiento están en base a los D.S N° 90 respecto a Aguas Superficiales y Continentales y al D.S N° 46 que regula la contaminación de aguas subterráneas. Estas normas se encuentran detalladas en Anexos.

A continuación se presentarán los tres diseños prediales para los estudios de casos de las zonas de Leyda, Cañete y Huelquén, para posteriormente entregar la ficha de gestión de purines.

Estudio de Caso: Fundo "Calbú"

Para el diseño de un pozo de almacenamiento purinero se debe tener en consideración los siguientes factores: producción máxima de purines en el feedlot, factores de escorrentías en las distintas zonas de los corrales, precipitaciones máximas probables y evaporación del purín en el lugar de tratamiento. Tales características son las que presentan una mayor relevancia al momento del cálculo del volumen del material a almacenar.

Producción de purines

La producción de purines en el feedlot estará determinada por los factores descritos en la Tabla 24. Cabe destacar que existen factores adicionales a estos que influyen en la producción de purines que no fueron considerados para este estudio.

Tabla 24. Factores que determinan la producción de purines en el *feedlot*

Parámetros	**Valores**
PV promedio	400
Digestibilidad Estimada	75%
Consumo MV (Kg.)	31,1
Consumo MS (Kg.)	11,526
% MS en dieta	37,06
Fecas MV (Kg.)	15.2
Fecas MS (Kg.)	2,881
% MS en fecas	19 %
% Nitrógeno en fecas MV	0,45
% Cenizas	0,035
Orina (L)	8,7
Total Fecas + Orina (Litros)	23.9
N° animales por corral	200
N° corrales	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Producción total de fecas y orina por corral y *feedlot*, en MV y MS al día.

Producto	**L MV /día**	**Kg. MS / día**
Fecas/corral	3040	576,2
Orina/corral	1740	60,9
Fecas/total	30400	5762
Orina/total	17400	609
Total fecas + orina corral	4780	637,1
Total fecas + orina feedlot	47800	6371

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 25, presenta la producción total diaria de purines del feedlot cuando este se encuentra en su máxima capacidad, es decir 10 corrales con 200 animales cada uno. Esta producción está fuertemente afectada por las aguas de lavado que son introducidas en el sistema. En el *feedlot* se utiliza un flujo constante de 0,5 L seg.$^{-1}$ para la limpieza de la vereda de alimentación, este flujo se encuentra todo el día en funcionamiento, con esto el flujo diario de agua que contribuye al aumento del volumen total de los purines es de 43.200 litros. Esta situación es bastante variable, ya que en épocas estivales es posible que no se produzca disponibilidad de agua.

El flujo de agua es producido sólo para el lavado de la vereda, es en este lugar y el adyacente donde se produce gran parte de la producción total de purines de un corral (Tabla 26).

Tabla 26: Proporción de depósito del purín.

Lugar	**Proporción Purines**
Vereda	25 %
2 metros post - vereda	50 %
Corral general	25 %

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que un 25 % de los purines totales son depositados en la vereda de alimentación, el volumen final de purines producidos diariamente en la vereda sería de 11.950 litros, es decir 12 m^3 $día^{-1}$ aproximadamente.

La escorrentía de este lugar es necesaria tomarla en consideración, ya que, a pesar de presentar un suelo totalmente impermeabilizado, el arrastre del material depositado en la vereda no es completamente removido de su lugar de deposición.

En lo que respecta a la producción de purines en el sector post vereda y dentro de los corrales, el nivel de producción alcanza los valores de 23,9 m^3 $día^{-1}$ y 11,95 m^3 $día^{-1}$ respectivamente. Para estos valores también se ocuparán de coeficientes de escorrentía (CE) que fluctúan entre 0,5 y 0,8 (Pordomingo, 2003).

Tabla 27: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona.

Sector de producción	Producción (m^3)	CE	Producción final (m^3)
Vereda	11,95	0,8	9,56
Post vereda	23,9	0,6	14,34
Corrales	11,95	0,5	5,975

Fuente: Elaboración propia.

Los CE entregados a cada lugar de los corrales fueron elegidos basándose en el tipo de construcción de cada componente. El sector de la vereda presenta el coeficiente mayor debido a que es de cemento, lo que permite un casi completo escurrimiento. El sector de los corrales presenta el menor CE, ya que se encuentra a suelo desnudo, por lo que la infiltración es mayor y por ende, el escurrimiento menor. Por último, al sector de post vereda se le otorgó un valor intermedio, esto por el sellado existente en el suelo y la compactación del suelo producida por los animales en esta zona, lo que permite un flujo más expedito que en el suelo desnudo del corral. Estos coeficientes son basados en la infraestructura actual del feedlot.

Para el cálculo del agua lluvia producida en los corrales durante el mes de Junio (mes más lluvioso), se trabajará con las fórmulas de Overcasch *et al*; 1983. Estos valores son aquellos producidos en cada salida de corral. Toma factores como la escorrentía y

características de humedad del suelo. Sin embargo, no toma en consideración la pendiente del lugar y tipo de suelo.

Cálculos de purines

Según Overcasch *et al*; 1983 Q = (P – 0.2 * S) / (P + 0.8 * S), donde Q es la cantidad de salida de agua; P es las precipitaciones (pulg.) y N es un número que entrega la humedad del suelo, siendo 100 saturado, 91 seco y 97 mojado.
Se debe tener en cuenta que en las formulas entregadas no se incluyen factores como: pendiente del suelo, clima, tipo de suelo, digestibilidad de las fecas, etc.
Se analizarán dos supuestos de suelos (seco y húmedo).

Si tenemos que 1 mm equivale a 0.03937 pulgadas, entonces:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:
S = (1000 / 97) – 10
N = 97; S = 0.3093; P = 0.1295

✍ Q = $(0.1295 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.1295 + 0.8 * 0.3093) = 0.004575/ 0.37694 = 0.01213721 pulg. = 0.308286 * 750 m2 * 0,8 * 2 = **0,37 m3 de salida de agua en vereda al día.**

Para una lluvia fuerte de 30 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:
S = (1000 / 91) – 10
N = 97; S = 0.9890; P = 1,181
✍ Q = $(1,1811 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,181 + 0,8 * 0,9890) = 0,96688 / 1,9723 = 0,49023 pulg. = 12,452 mm * 750 m^2 * 0,8 * 2 = **14,94 m^3 de salida de agua en vereda al día.**

Estas cantidades de escorrentía calculadas son para un día de lluvia promedio del mes de Junio, el cual es un valor que puede estar subestimado, ya que cuando existen

lluvias en invierno estas no son con los valores *promedios* mensuales. Por esto, se calculó el *runoff* de una lluvia intensa y con menor probabilidad de ocurrencia que el primer cálculo.

Los factores de pendiente y tipo de suelo que no son considerados por esta fórmula, los cuales son importantes respecto a la cantidad de material que va llegar al pozo de almacenamiento, y también en el grado de erosión producido por las corrientes de agua en los corrales.

Para la elaboración del diseño de pozos de almacenamiento no se considerará la cantidad de agua que es entregada actualmente en el sistema, ya que se recomienda la utilización de un sistema en seco (Figura 27) que no ocupe agua limpia en el arrastre de purines en la vereda de los corrales. Esto se debe a que el agua utilizada para limpiar proviene de la misma fuente que la ocupada para consumo humano como agua potable. Además, se están contaminando aguas limpias provenientes de vertientes naturales. Solamente se manejarán los valores de agua proveniente de lluvias en el año (*runoff).*

El porcentaje de MS en los purines de bovinos de feedlot se encuentra cercano al 30% (Pordomingo, 2003; y análisis personales realizados para el estudio). Este valor es con el cual el purín llega al pozo de almacenamiento.

El arrastre producido por el sistema de recolección tres a cuatro veces al día no permite mayores pérdidas nutricionales de los purines, además no existe una dilución que pueda variar la composición nutritiva mencionada anteriormente.

Los cálculos de producción total quedan expresados de la siguiente manera:

Tabla 28: Producción diaria de purines.

Producto	**Producción diaria (m^3)**
Purines vereda	9,56
Runoff vereda	0,185
Total	9,745

Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos entregados por la Tabla 28 fueron hechos para un día de lluvia normal. Ahora, se entregaran los valores producidos en un día de lluvia fuerte (30 mm).

Tabla 29: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	9,56
Runoff vereda	14,94
Total	24,5

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de producción diaria que se entregan son cálculos realizados en base al sistema de recolección diaria que se está haciendo actualmente en el predio. Ela cantidad de los corrales y post vereda se sumarán en el diseño predial propuesto. Al final de este documento se analizará la fracción sólida del estiércol en cada corral.

Es importante notar que el 75 % de los purines se produce en los tres primeros metros de los corrales desde el comedero hacia el interior. Por esto, se hace necesario aumentar el área de la vereda de alimentación hasta tres metros de ancho, con esto se consigue una mayor utilización y conservación de la calidad nutricional del estiércol de bovinos.

Cálculos en base a sistema propuesto

A continuación se entregarán los valores de purín estimados a manejar en una vereda con tres metros de ancho. Lo que varía en esta situación es que se toma en consideración el volumen de purín producido en el sector que pertenecía a post vereda con un coeficiente de escorrentía distinto (superior).

Tabla 30: Producción diaria de purines con lluvia normal.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	9,56
Purines post vereda	19,12
Runoff vereda	0,37*
Total	29,05

Fuente: Elaboración Propia.

(*) Valores correspondientes al nuevo ancho de vereda propuesto.

A continuación se entregan valores de producción de purines con un evento de lluvia fuerte (30 mm):

Tabla 31: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	9,56
Purines post vereda	19,12
Runoff vereda	14,94*
Total	43,62

Fuente: Elaboración Propia

(*) Valores correspondientes al nuevo ancho de vereda propuesto.

Se puede observar que el valor de la producción post vereda es distinto al calculado anteriormente, esto se debe a que el CE es distinto, ya que con el nuevo manejo en seco propuesto se busca un ensanchamiento de la vereda de alimentación, con esto se captaría la producción de purines post vereda con un CE superior al actual debido al material impermeable del cual está compuesta dicha vereda.

Los pozos de almacenamiento serán dos, uno inmediatamente debajo de los corrales, lo que permitiría un eficiente transporte y las menores pérdidas nutricionales, mientras que el segundo estará ubicado en la zona donde está ubicado el antiguo pozo que fue mal diseñado tiempo atrás.

En los cálculos realizados no se tomó en consideración el flujo de sedimentos producidos en el terreno total de los corrales, sólo se hizo el cálculo basándose en los purines producidos en el sector de recolección mecánica (vereda ampliada de tres metros).

La bajada de sedimentos desde los corrales hacia el sector del pozo está conducida por cárcavas que se han ido produciendo por la erosión permanente en los corrales por el exceso de pendiente en el feedlot.

A continuación, se entregarán rangos de valores del flujo de sedimentos dentro de los corrales que pueden llegar al sector de pozo purineros:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:

S = (1000 / 97) – 10
N = 97; S = 0.9890; P = 0.1295

✍ Q = $(0.1295 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.1295 + 0.8 * 0.3093) = 0.004575/ 0.37694 = 0.01213721 pulg. = 0.308286 mm * 6900 m2 * 10 (N° corrales)* 0,5 = **10,636 m3 de salida de agua en corrales al día.**

Para una lluvia fuerte de 30 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:
S = (1000 / 91) – 10
N = 97; S = 0.9890; P = 1.9685

✍ Q = $(1,1811 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,1811 + 0,8 * 0,9890) = 0,96688 / 1,9723 =0,49023 pulg. = 12,452 mm * 6900 $m^{2\ *}$ 10 (N° corrales) = 429,594 * 0.5 (CE) = **429,594 m^3 de salida de agua en corrales al día.**

El cálculo realizado para el *runoff* producido en los corrales será utilizado para calcular los sedimentos producidos en los cinco corrales ubicados a cada lado del feedlot. Estos tendrán un pozo distinto como destino final.

Tabla 32: Producción de purines al pozo con lluvia normal.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	9,56
Purines post vereda	19,12
Purines corrales	5,975
Runoff vereda	0,37
Runoff corrales	10,636
Total	45,661

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Producción de purines al pozo con lluvia fuerte

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	9,56
Purines post vereda	19,12
Purines corrales	5,975
Runoff vereda	14,94
Runoff corrales	429,594
Total	479,189

Fuente: Elaboración propia

El valor calculado para el *runoff* de los corrales con una lluvia intensa (30 mm) es un número sobreestimado, ya que se debe tomar en cuenta el manejo preventivo contra la erosión dentro de los corrales. Se espera que con estos tratamientos que el productor debe decidir, más la cosecha de agua por medio de canales que se establecerá en la zona más alta del feedlot se pueda disminuir al mínimo (sino 0) la cantidad de material arrastrado que llegará finalmente al pozo purinero.

Los valores finales obtenidos indican que la cantidad de material probable de purines más el sedimento propio de los corrales puede fluctuar entre 45,661 y 479,214 m^3.

Es importante mencionar que esta producción de sedimentos presenta rangos muy variables que hacen de su estimación bastante imprecisa. Si el manejo de erosión que se logre instaurar es eficiente el valor del *runoff* por corral puede disminuir bastante, por lo que el tiempo de retención (TR) del pozo aumentará considerablemente, disminuyendo a su vez el manejo de vaciamiento del pozo purinero. Si el *runoff* del corral es cero, el TR del pozo aumentará cinco veces su capacidad.

El volumen de los pozos se calculará en base a un TR promedio de dos semanas con lluvia intensa incluida.

Corrales Nuevos

Actualmente se está terminando la construcción de seis nuevos corrales en el sector de entrada del lugar de engorda. En este lugar se espera tener 300 animales aproximadamente.

Tabla 34: Producción total de fecas y orina total del *feedlot* (MV) al día.

Producto	L MV /día
Total fecas + orina corral	1195
Total fecas + orina feedlot	7170

Fuente: Elaboración propia

La producción total de purines en las veredas de alimentación (3m ancho) será de 5740 L de purines al día.

Tabla 35: Producción de purines para un día normal.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	1,7925
Purines post vereda	3,585
Runoff vereda	0,148
Runoff corrales	3,006
Total	8,532

Fuente: Elaboración propia.

Para un día de lluvia fuerte, igual al calculado anteriormente (30 mm) se tiene:

Tabla 36: Producción de purines para un día de lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	1,7925
Purines post vereda	3,585
Runoff vereda	4,272
Runoff corrales	43,39
Total	53,04

Fuente: Elaboración propia.

En corrales nuevos los valores de producción de purines pueden fluctuar entre los 8,532 y 53,04 m^3.

Receptividad Tecnológica del Territorio

Aplicación de purines al suelo

El fundo Calbú, alcanza una producción anual de purines aproximadamente de 16.673,2 ton MV, o 5.001,96 ton MS (asumiendo 70% de humedad). En consecuencia, y basado en diferentes autores, los purines pueden llegar a proporcionar 100 toneladas de nitrógeno, 25 de fósforo y 75 de potasio. El nitrógeno disponible para las plantas el primer año, es solo el 40 % (Eghball, 2000; 2002; Rechcigl, 1995), por lo que sólo debe considerarse 40 toneladas de nitrógeno al momento de evaluar su valor fertilizante. El valor de los purines puede ser representado en cantidades de fertilizantes comerciales, mostrado en la tabla 37.

Tabla 37: Producción anual de nutrientes proveniente de purines y su valor económico.

Nutriente	Producción anual (ton)	Equivalencia en fertilizante	Cantidad equivalente (ton)	Costo ton de fertilizante	Valor producción purines
N	40,00	Urea	86,96	$ 204.000	$ 17.739.130
P	25,00	SFT	54,35	$ 185.000	$ 10.054.348
K	75,00	M. de potasio	120,97	$ 197.000	$ 23.830.645
				total	**$ 51.624.123**

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un 65% de eficiencia de utilización de nitrógeno de la planta, se puede hablar de un ahorro de fertilizante de hasta $11.500.000 al año.

La eficiencia de captura del nitrógeno por la vegetación ocurre en los meses de crecimiento vegetativo de la planta. Durante los meses de invierno los cultivos tienen un bajo o nulo crecimiento, y por lo tanto bajos requerimientos y absorción de nitrógeno. Además se debe considerar el incremento en la lixiviación de nitratos (contenidos en los purines) que generan las precipitaciones y la disminución de la actividad de los microorganismos presentes en el suelo por las bajas temperaturas durante el invierno, lo que inhibe la mineralización del nitrógeno del purín (Eghball, 2000; Eghball, 2002).

El cálculo de las aplicaciones dependerá de la demanda del cultivo y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo y la eficiencia de la fertilización (Rodríguez, 1993) Un exceso en la aplicación resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización (Pordomingo, 2003).

Los requerimientos de nitrógeno de los cultivos realizados en el sector del pivote y en el resto del predio son presentados en la tabla 38.

Tabla 38: Demanda de nitrógeno de los cultivos del predio.

Cultivos	**Demanda de Nitrógeno (kg/ha)**
Avena (*Avena sativa*)	276
Ballica Italiana (*Lolium multiflorum*)	345
Maíz silo (*Zea maiz*)	270
Falaris – Trébol Subterráneo (*Phalaris aquatica – Trifolium Subterraneum*)	92
Alfalfa (*Medicago sativa*)	210

Fuente: Rodríguez (1993).

Los nutrientes disponibles en el suelo dependerán del cultivo anterior y de fertilizaciones anteriores. (Rodríguez, 1993).

Otro factor a considerar es la eficiencia de la fertilización nitrogenada, en este caso, a través de los purines. Según Rodríguez (1993), para fertilizantes minerales, la eficiencia va a estar determinada como se indica en la tabla 39.

Tabla 39: Balance de la fertilización nitrogenada

Balance de N en el suelo	**Porcentaje (%)**
Absorción cultivo	65
Inmovilización	15
Lixiviación	5
Desnitrificación	10
N-inorgánico	5

Fuente: Rodríguez (1993).

Según este autor, en una situación de bajo riesgo la eficiencia de la fertilización (EFN) se puede estimar mediante la siguiente formulación:

EFN = 0,85 * 0,85 * 0,95

= 0,65

Los valores 0,85 corresponden a los coeficientes de la desnitrificación e inmovilización (15% de pérdidas en cada caso) y 95 % al coeficiente de lixiviación (%% perdido). Corregidos los coeficientes expresados en porcentaje se obtiene un valor de la eficiencia de la fertilización nitrogenada con mínimo riesgo de lixiviación de 65%. O sea, que se recupera un 65% de la fertilización aplicada utilizando fertilizantes inorgánicos. En el cálculo se considera que el nitrógeno "inmovilizado" en las raíces (15%) es recuperado por el cultivo y forma parte de la demanda del cultivo. (Rodríguez, 1993).

En los casos de mayor riesgo, el coeficiente de lixiviación es de 0,85 (15% de pérdida) y la eficiencia de fertilización nitrogenada baja a 0,55.

Según Rodríguez (1993) múltiples estudios realizados en condiciones de campo muestran que la recuperación por los cultivos del fertilizante nitrogenado agregado es de 60% a 80%. Casos atípicos, pueden ser los suelos delgados y arenosos con altas precipitaciones y, en general cuando se realiza un manejo inadecuado de la tecnología del uso de fertilizantes nitrogenados o purines.

Para el maíz, se estima que las dosis necesarias de nitrógeno por hectárea serán:

- Demanda: 270 Kg. N /ha
- Suministro: 60 kg. N/ha
- Eficiencia de fertilización: 0,65

$$\text{Dosis} = \frac{\text{demanda} - \text{suministro}}{\text{Eficiencia}} = \frac{270 \text{ Kg. /ha} - 60 \text{ Kg. N/ha}}{0,65} = 323 \text{ Kg. N/ha}$$

Por lo tanto una dosis de nitrógeno por hectárea, para el maíz será 323 Kg. N/ha. Este resultado se encuentra expresado en unidades de nitrógeno por hectárea y para manifestarlo en términos de purines se debe considerar la disponibilidad de estos para la planta.

El nitrógeno contenido en los purines no se encuentra disponible inmediatamente para la planta, sino que necesita de un proceso de mineralización previa. Los nutrientes contenidos en los purines estarán accesibles para la planta cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo y solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. (Pordomingo, 2003). El nitrógeno remanente, de degradación más lenta, se libera en los años sucesivos gracias a la acción microbiana por lo que debe considerarse dentro del suministro del suelo al momento de realizar aplicaciones futuras. Por esto debe considerarse la mineralización del nitrógeno contenido en los purines. Como se mencionó, para el primer año los purines presentan una mineralización del 40% en promedio.

El contenido de nitrógeno "disponible" de los purines es bajo en comparación a los fertilizantes minerales comerciales, sin embargo el costo comparativo entre ambos beneficia a los purines (INIA, 1999).

La incorporación, la parcialización de las aplicaciones y la época oportuna son técnicas que en la mayoría de los casos, aún en condiciones de riesgo de una disminución de la eficiencia de la aplicación de purines (en términos de pérdidas por lixiviación, desnitrificación o inmovilización) permiten mantenerla en un nivel de normalidad. Cantidades superiores a 70 o 100 toneladas MV de purines /ha han deprimido los rendimientos, provocado salinización, daño a la producción y contaminación por lixiviación (Pordomingo, 2003 citando a Stewart y Meek, 1977), por lo que deben evitarse.

Actualmente se aplican aproximadamente 100 toneladas de purines/ha, en el sector del pivote de riego. Para medir el efecto de estas dosis de aplicación en aguas subterráneas, se utilizó columnas de suelo según la metodología descrita anteriormente. Los resultados obtenidos son presentados en la tabla 40.

Tabla 40: Resultados de lixiviación de nitrógeno.

Líquido percolados	Volumen lixiviado (ml)	NO3 mg/L	NH4 mg/L
Control	0	0,000	0,000
Columna 2	60	3,800	0,310
Columna 3	200	9,000	0,410
Columna 4	400	15,200	0,110
Promedio Tratamiento	**220**	**9,33**	**0,28**

Fuente: Laboratorio UC.

A partir de estos resultados se puede llegar a establecer una dosis límite de aplicación. El fundo Calbú no presenta mayores problemas de lixiviación bajo las dosis de aplicación utilizadas. Sin embargo, la cantidad de nitratos lixiviada (9,33 mg/L) se encuentra al límite de lo aceptado para lugares con vulnerabilidad media (Tabla 41), por lo que se debe tomar en consideración estos valores al momento de calcular dosis de aplicación. La concentración de nitrito no fue analizado debido a su baja proporción dentro del contenido de nitrógeno de los líquidos percolados.

Tabla 41: Límites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.

Contaminante	Limites Máximos Permitidos	
	Vulnerabilidad Media (mg/l)	Vulnerabilidad Baja (mg/l)
PH	6,0-8,5	6,0-8,5
N-Nitrato + N-Nitrito	10,00	15,00
Nitrógeno Total	10,00	15,00

Fuente: Decreto Supremo Nº 46 de 2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.

Es la Dirección General de Aguas quien determina la vulnerabilidad de un acuífero. Para esto, se considera la profundidad del punto de descarga; propiedades del suelo, de la zona saturada y de la zona no saturada; características intrínsecas del acuífero, niveles

freáticos más desfavorables, tipo de acuífero, y características de la recarga (Decreto Supremo Nº46/2000).

Estiércol Sólido

El manejo actual de esta fase sólida de purines no está alejado de lo correcto. En verano se hace una recolección del material seco previamente almacenado en "montones" dentro de los corrales, lo cual permite un flujo más rápido de la maquinaria. Este movimiento se realiza una vez al año y en épocas de menor densidad animal.

Foto 15: Acumulación de fracción sólida de purines en corrales.
Fuente: Elaboración propia.

Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm. de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenes y compromete el acceso a las calles y corrales. Este es otro motivo para mantener limpios los corrales (Pordomingo, 2003). Por lo dicho anteriormente se busca ampliar la vereda de alimentación, ya que con este tamaño la acumulación máxima que se produce en la zona de post vereda se va a ver disminuida y mucho más manejable.

Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Se deberían limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales.

A continuación se entregarán las producciones de estiércol producidas en los corrales del feedlot. Es conveniente dejar en claro que los números obtenidos pueden estar

sobreestimados, debido a las pérdidas de nutrientes que existe en los corrales. No se tomaron en consideración las pérdidas por infiltración y arrastre de elementos a causa de las lluvias.

Tabla 42: Producción de fracción de purín seco.

Prod. Purines por día en feedlot	***Kg. / corral / día***	***Kg. / día / feedlot***	***Producción total anual***	***CE 0,5 Anual***
47800 Kg.	1195 Kg.	11950 Kg.	4362 Ton	2181 Ton

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 42 entrega las producciones de estiércol en los corrales. Estas cantidades están siendo aplicadas en los campos de nogales una vez al año.

Diseño pozos

A continuación sé entregan recomendaciones a tener en consideración a la hora de optar por la construcción de un pozo purinero (SAG, 2001):

El tiempo de permanencia de los purines no hidratados en el pozo no está limitado en períodos de invierno y la periodicidad del vaciado dependerá de la capacidad del pozo en cuestión.

Debe ubicarse a una distancia mínima de 20 metros de quebradas, líneas de drenaje y cursos de agua. Los pozos instalados a una distancia menor, deben contar con medidas preventivas para evitar desbordes (sistemas de contención, pretiles y respetando la capacidad máxima de diseño).

El pozo debe estar aislado del suelo por una superficie impermeable natural o artificial, de modo que no existan infiltraciones ni lixiviación a recursos hídricos subterráneos y/o superficiales.

En la Carta 10 se puede observar la ubicación que van a tener los pozos purineros para su tratamiento. Es de suma importancia ver donde se encuentra la napa subterránea presente en el predio. Por los datos anteriores, no habría problema con su profundidad, ya que tiempo atrás se removió tierra y no se encontró mayor impedimento con la cercanía de la napa respecto a la superficie del suelo.

El primer pozo estará ubicado en la zona más inmediata al feedlot y va a contar con una capacidad de almacenamiento de 235 m^3, con una capacidad de retención de 8 días para un mes lluvioso normal como Junio.

El pozo ubicado a continuación del primer pozo (en el lugar donde se encontraba el pozo antiguo) va a contar con una capacidad de almacenamiento de 530 m^3 aproximadamente. Este será un pozo de almacenamiento con un tiempo de retención de 20 días aproximadamente. El pozo cuenta con 15 m de diámetro y 3 m de profundidad.

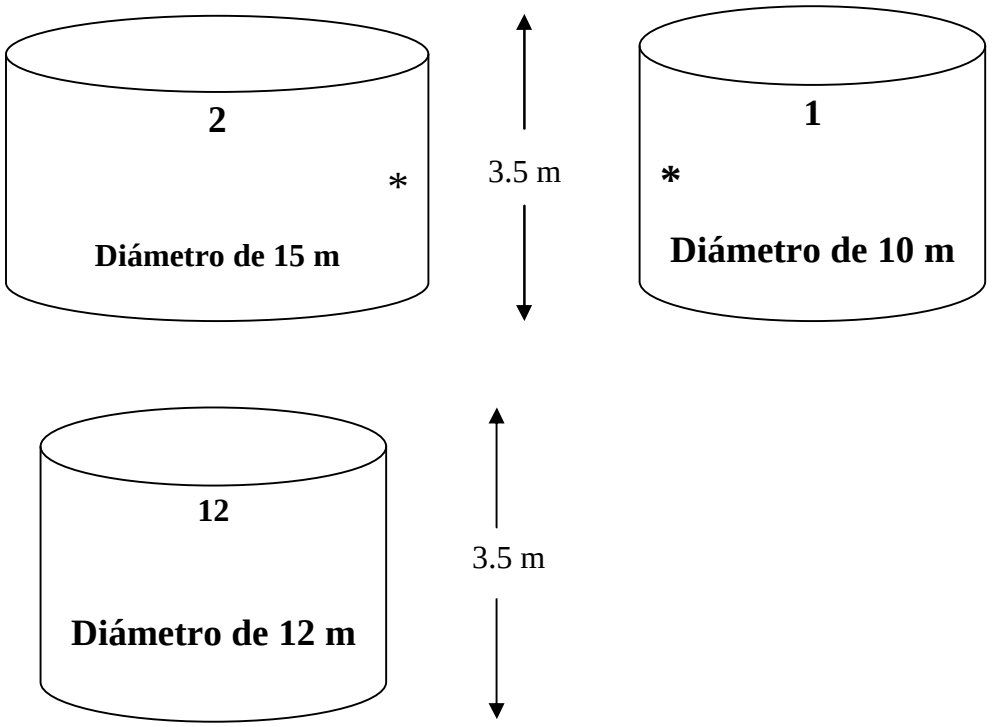


Figura 27: diagrama de pozos de almacenamiento.
Fuente: Elaboración propia.

El tercer y último pozo almacenador tendrá como volumen 340 m^{-3}, con un intervalo de TR entre 39 y 7 días aproximadamente.

Todos los pozos presentarán 50 a 60 cm. de espacio vacío hasta su superficie. Esta altura es con el fin de no presentar problemas de rebalse en caso de fuertes lluvias.

El asterisco (*) presente en los diagramas grafica la conexión que van a tener los dos primeros pozos. Esta es de vital importancia, ya que al ser llenado, el material almacenado debe pasar al segundo pozo. Es en el segundo almacenador en el cual se van a

retirar los purines para la enmienda orgánica al suelo. Como es el más grande en tamaño este va a ser el de mayor tiempo de almacenamiento y en el cual se van a descargar los purines recolectados. En cambio, el primero va a ser un pozo prácticamente de pasaje en donde el carro purinero no va a realizar ningún tipo de trabajo.

Recomendaciones finales

- Se debe privilegiar el sector del pivote para realizar las aplicaciones de purines acumulados en los pozos de almacenamiento. Los purines acumulados en el corral, en cambio, pueden aplicarse en el sector de los nogales adyacente al feedlot.
- Se recomienda realizar las aplicaciones sobre la superficie del suelo mediante un carro purinero y posteriormente realizar la incorporación de los purines al suelo.
- Las aplicaciones deben realizarse en los meses de primavera previos a la siembra del maíz. Además se puede realizar una segunda aplicación de purines antes del inicio del periodo exponencial de crecimiento de la planta (Rodríguez, 1993).
- La dosis necesaria para el maíz, expresado en purines, corresponde a 134,5 toneladas materia verde (MV) de purín/ha. Esto considerando un 30% de contenido de humedad del purín extraído del pozo de almacenamiento. Esta aplicación no debe realizarse completamente ya que no es recomendable realizar aplicaciones sobre las 100 ton/ha. Para esto se recomienda realizar aplicaciones de purines entre 70 y 100 toneladas de MV/ha y complementar las aplicaciones con aproximadamente 83 Kg. N/ha de fertilizantes minerales. Estas aplicaciones deben ser parcializadas, de manera que no exista una posibilidad mayor de lixiviación profunda.
- Solo existen 49 hectáreas de siembra de maíz, por lo que solo es posible utilizar hasta 4900 toneladas de purines en esa superficie. La superficie restante del pivote, es utilizado para una asociación Avena-Ballica, la cual requiere una dosis de 385 Kg. de N/ha. Esto equivale a 160 toneladas MV de purines/ha, lo que es excesivo y no recomendable. Se recomienda, debido a la época de siembra de estos cultivos, aplicar purines en dosis que sumadas entreguen 100 ton/ha, ir parcializando y aumentando la dosis de aplicación de manera paulatina, de manera que la cantidad de nitrógeno tenga relación con el aumento en la absorción de éste por el cultivo. Es necesario

complementar la aplicación de purines con 145 Kg. N/ha de fertilizantes minerales para lograr resultados óptimos.

- Deben evitarse aplicaciones durante los meses de junio y julio donde las precipitaciones son más intensas, de manera de evitar contaminaciones a cauces de agua por lixiviación o escurrimiento. En caso contrario, debe considerarse la proximidad de precipitaciones al momento de la aplicación y efectuar dosis tan pequeñas como sea posible, de manera de no generar efectos adversos al medio ambiente.
- Descartar la solución de descarga de los pozos al estero contiguo en caso de exceso de purines, a modo de privilegiar el mínimo uso posible antes de la solución que se estaba utilizando.
- Es prioridad la adquisición de un carro purinero que permita un manejo óptimo y eficiente de los desechos orgánicos.
- Aplicar sistema de recolección en seco mecánico – eléctrico. Este sistema ocupado en lecherías mejora la eficiencia de recolección, ya que disminuye al mínimo la utilización y contaminación de aguas limpia para lavado. Además, impide el flujo de volumen adicional al pozo de almacenamiento.
- La justificación de la construcción de dos pozos se basa principalmente en la alta producción de purines diarios y el tiempo adecuado de almacenamiento. Este debe coincidir con las posibles aplicaciones de este material a los campos con cultivos. Además, el segundo pozo servirá para recoger sedimentos probables que procedan del interior de los corrales y no sean recogidos por algún tipo de canalización implementada.
- Ambos pozos deben estar conectados entre sí. El primero tendrá un sistema de conducción de purines hacia el más grande por medio de una cañería ubicado a tres metros del fondo del pozo. Una vez que se ha llenado a esa altura, el purín comenzará a fluir hacia el segundo pozo.
- El material a ocupar para esta construcción debe ser cemento que permita una correcta y eficiente impermeabilización, para no contaminar napas subterráneas ni producir lixiviación de compuestos tóxicos.

- Con una evapotranspiración de 35 mm en el mes de Junio, el tiempo de retención aumenta en un día, pero a medida que aumenta la evapotranspiración también va a ir en aumento el tiempo de retención de purines en los pozos.
- Se recomienda hacer un manejo de canalización del estero que impida alguna posible crecida y que pueda alcanzar a los pozos.
- Dentro de los corrales se han formado cárcavas producto de la erosión que trae consigo el arrastre de aguas lluvias y material fecal de los animales. Es por esto que es necesario hacer un control erosivo con pequeñas oclusiones en las quebradas dentro de los corrales y formación de pequeñas terrazas que impidan el fuerte flujo del material. Se espera disminuir en casi su totalidad este flujo haciendo un correcto y eficiente manejo de este problema.
- En límites altos de los corrales se debe hacer una canalización de las aguas limpias provenientes de los cerros en la época de invierno. Estas deben ir hacia el estero, ya que ese es el recorrido natural que presentaba el territorio antes de la construcción del feedlot. Estas aguas no deben ser incluidas en los pozos, ya que colapsarían el sistema innecesariamente.
- En el sector de corrales nuevos se debe tener un especial cuidado en el manejo de los purines como del *runoff* producido por las aguas lluvias, ya que se encuentra al lado de la ribera del estero que llega al tranque. Se recomienda tener una pendiente hacia el canal recolector cercano al camino de un 3% para evitar el desagüe de las aguas hacia la zona del estero. También, colocar una especie de barrera de unos 20 cm. de alto para evitar el escurrimiento hacia el estero en caso de inundaciones.
- Lo recomendado en el caso de recolección de los sólidos en el corral sería seguir con este movimiento, pero hacerlo cada vez que se desocupe un corral. Si se sabe que un animal está entre 4 a 7 meses en el feedlot, esto implicaría hacer una labor de limpieza de los corrales 3 veces al año aproximadamente. También, en épocas de fuertes lluvias se recomienda remover y esparcir (o sacar) la capa formada por los restos sólidos de purines.
- El predio está ubicado en la zona del secano costero, al cual se caracteriza por presentar laderas, cerros y zonas con un porcentaje importante de desertificación. Sabiendo las cualidades nutricionales del estiércol es recomendable aplicar éste en aquellas zonas

que presenten daños producidos por la desertificación. Estas aplicaciones serían en casos de un exceso de producción de material purinero en los pozos y que estos no den abasto, por lo cual se haría un manejo de emergencia sacando este excedente de los pozos y entregarlos en las zonas mencionadas anteriormente.

- Como efecto estético y control de olores, se recomienda colocar árboles rodeando el sector de los pozos. También un posible techo que no permita la inclusión de aguas lluvias al sistema.
- El estanque que actualmente se encuentra para el lavado de purines en la zona de la vereda al no cumplir esta función, la tubería que llegaba al principio del feedlot debe ser reconducida hacia una unión con el canal de la cosecha de agua.

Opciones Alternativas

El sector geográfico donde se encuentra ubicado el fundo Calbú está bastante alejado de predios vecinos, por lo que la opción de vender el estiércol sobrante a vecinos es complicada. Sin embargo, la condición de secano presente en la zona de la Cordillera de la Costa (zona del fundo Calbú) proporciona una gran alternativa de distribución de estiércol en zonas con fuertes tendencias u desarrollo de desertificación.

Ordenamiento Territorial

A continuación se entrega la carta en las cual se grafica el diseño de la solución predial correspondiente al predio analizado (carta 10). Abajo, se muestra un diagrama del sistema de recolección de purines mecánico (figura 28)

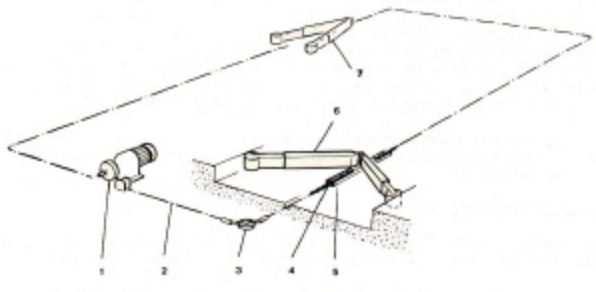
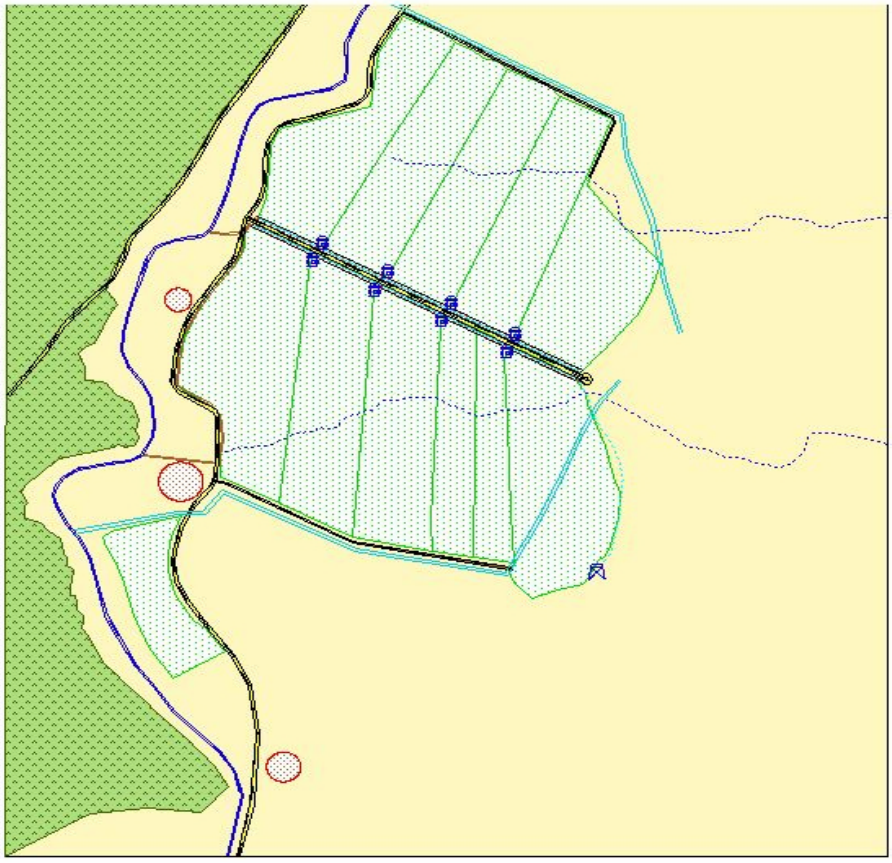


Figura 28: Mecanismo de recolección de purines propuesto.

Fuente: Poppen, 2006.



Bebedero
Estanque
Cauce Natural
Canalizacion Aguas Lluvia
Camino
Camino Animales
Canal Recolección
Cañería
Quebrada Natural
Arrastre Mecanico Purines
Vereda Alimentación
Pozo Almacenamiento
Corrales
Sector Frutales
Deslinde Feedlot

Predio: Fundo Calbú
Superficie: 1974 ha
Carta: Solución Purines
Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Melipilla
Comuna: Leida

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala 1:3500

Estudio de Caso: Fundo "Liguai"

Para el diseño de un sistema de tratamiento purinero se debe tener en consideración los siguientes factores: producción máxima de purines en el feedlot, factores de escorrentías en las distintas zonas de los corrales, precipitaciones máximas probables y evaporación del purín en el lugar de tratamiento. Tales características son las que presentan una mayor relevancia al momento del cálculo del volumen del material a tratar.

Producción de purines

La producción de purines en el feedlot estará determinada por los factores descritos en la Tabla 42. Cabe destacar que existen factores adicionales a estos que influyen en la producción de purines que no fueron considerados para este estudio.

Tabla 43. Factores que determinan la producción de purines en el *feedlot*

Parámetros	**Valores**
PV promedio	450
Digestibilidad Estimada	75%
Consumo MV (Kg)	25,1
Consumo MS (Kg)	10,8
% MS en dieta	42,79
Fecas MV (Kg)	15,75
Fecas MS (Kg)	2,993
% MS en fecas	19 %
% Nitrógeno en fecas MV	45
% Cenizas	3,5
Orina (l)	9,834
Total Fecas + Orina (l / animal)	25,58
N° animales por corral	200
N° corrales	19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Producción total de fecas y orina por corral y total del *feedlot,* en MV y MS al día.

Producto	**l MV /día**	**Kg MS / día**
Fecas/corral	5116	972,04
Orina/corral	1966,8	68,838
Fecas/total	97204	18468,76
Orina/total	37369,2	1307,922
Total fecas + orina corral	7082,8	1040,878
Total fecas + orina feedlot	134573,2	19776,682

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 43, presenta la producción total diaria de purines del feedlot cuando este se encuentra en su máxima capacidad, es decir 19 corrales con 200 animales cada uno. El lavado y flujo de purines desde la vereda de alimentación y de los propios corrales no es producido por ningún tipo de lavado especial, sólo se deja al agua producida por las lluvias de la temporada.

El flujo de agua es producido sólo para el lavado de la vereda, es en este lugar y el adyacente donde se produce gran parte de la producción total de purines de un corral (Tabla 44).

Tabla 45. Proporción de depósito del purín.

Lugar	**Proporción Purines**
Vereda	25 %
2 metros post - vereda	50 %
Corral general	25 %

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que un 25 % de los purines totales son depositados en la vereda de alimentación (Tabla 48), el volumen final de purines producidos diariamente en la vereda sería de 33643,3 litros, es decir 34 m^3 $día^{-1}$ aproximadamente.

La escorrentía de este lugar es necesaria tomarla en consideración, ya que, a pesar de presentar un suelo totalmente impermeabilizado, el arrastre del material depositado en la vereda no es completamente removido de su lugar de deposición.

En lo que respecta a la producción de purines en el sector post vereda y dentro de los corrales, el nivel de producción alcanza los valores de 67,287 m^3 $día^{-1}$ y 33,643 m^3 $día^{-1}$ respectivamente. Para estos valores también se ocuparán de coeficientes de escorrentía (CE) que fluctúan entre 0,5 y 0,8 (Pordomingo, 2003)

Tabla 46: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona.

Sector de producción	Producción (m^3)	CE	Producción final (m^3)
Vereda	33,643	0,8	8,411
Post vereda	67,287	0,6	40,372
Corrales	33,643	0,5	8,411

Fuente: Elaboración propia.

Los CE entregados a cada lugar de los corrales fueron elegidos basándose en el tipo de construcción de cada componente. El sector de la vereda presenta el coeficiente mayor debido a que es de cemento, lo que permite un casi completo escurrimiento. El sector de los corrales presenta el menor CE, ya que se encuentra a suelo desnudo, por lo que la infiltración es mayor y por ende, el escurrimiento menor. Por último, al sector de post vereda se le otorgó un valor intermedio, esto por el sellado existente en el suelo y la compactación del suelo producida por los animales en esta zona, lo que permite un flujo más expedito que en el suelo desnudo del corral. Estos coeficientes son basados en la infraestructura actual del feedlot.

Para el cálculo del agua lluvia producida en los corrales durante el mes de Junio (mes más lluvioso), se trabajará con las fórmulas de Overcasch *et al*; 1983. Estos valores son aquellos producidos en cada salida de corral. Toma factores como la escorrentía y características de humedad del suelo. Sin embargo, no toma en consideración la pendiente del lugar y tipo de suelo.

Cálculos de purines en el sistema actual

Según Overcasch *et al*; 1983 Q = (P – 0.2 * S) / (P + 0.8 * S), donde Q es la cantidad de salida de agua; P es las precipitaciones (pulg.) y N es un número que entrega la humedad del suelo, siendo 100 saturado, 91 seco y 97 mojado.
Se debe tener en cuenta que en las formulas entregadas no se incluyen factores como: pendiente del suelo, clima, tipo de suelo, digestibilidad de las fecas, etc.
Se analizarán dos supuestos de suelos (seco y húmedo).

Si tenemos que 1 mm equivale a 0.03937 pulgadas, entonces:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:
S = (1000 / 97) – 10
N = 97; S = 0.3093; P = 0.1221

✍ Q = $(0.1221 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.1221 + 0.8 * 0.3093) = 0,00363 / 0,3695 = 0,009824 pulg. = 0,24953 * 90 m2 * 0,8 * 19 = **0,3414 m3 de salida de agua en vereda al día.**

Para una lluvia fuerte de 30 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:

S = (1000 / 91) – 10
N = 97; S = 0.9890; P = 1,1811

✍ Q = $(1,1811 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,181 + 0,8 * 0,9890) = 0,96688 / 1,9723 = 0,49023 pulg. = 12,452 mm * 90 m^2 * 0,8 * 19 = **17,034 m^3 de salida de agua en vereda al día.**

Estas cantidades de escorrentía calculadas son para un día de lluvia promedio del mes de Junio, el cual es un valor que puede estar subestimado, ya que cuando existen lluvias en invierno estas no son con los valores *promedios* mensuales. Por esto, se calculó el *runoff* de una lluvia intensa y con menor probabilidad de ocurrencia que el primer

cálculo. Estas fórmulas son ocupadas para calcular el *runoff* de vereda, post vereda y corrales.

A continuación, se entregarán rangos de valores del flujo de sedimentos dentro de los corrales que pueden llegar al sector de pozo purineros:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:

S = (1000 / 97) – 10

N = 97; S = 0.9890; P = 0.1295

✍ Q = $(0.1221 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.1221 + 0.8 * 0.3093) = 0,00363 / 0,3695= 0,009824 pulg = 0,24953 * 3000 m2 * 0,5 * 19 = **7,112 m3 de salida de agua en corrales al día.**

Para una lluvia fuerte de 30 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:

S = (1000 / 91) – 10

N = 97; S = 0.9890; P = 1.9685

✍ Q = $(1,1811 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,1811 + 0,8 * 0,9890) = 0,96688 / 1,9723 =0,49023 pulg. = 12,452 mm * 3000 m^{2*} 19 * 0,5 = **354,882 m^3 de salida de agua por corral al día.**

Los factores de pendiente y tipo de suelo no son considerados por esta fórmula, los cuales son importantes respecto a la cantidad de material que va a llegar a las tuberías de unión entre corrales, y también en el grado de erosión producido por las cárcavas presentes en los corrales.

El tipo de suelo pedregoso presente en los corrales provoca ciertas obstrucciones de las tuberías de unión entre corrales y canales colectores.

Para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento se considerará la cantidad de agua que es entregada actualmente en el sistema, ya que se recomienda la utilización de un sistema en seco (Figura 29) que no ocupe agua limpia en el arrastre de purines en la

vereda de los corrales. Solamente se manejarán los valores de agua proveniente de lluvias en el año (*runoff)*.

El porcentaje de MS en los purines de bovinos de feedlot se encuentra cercano al 30% (Pordomingo, 2003; y análisis personales realizados para el estudio). Este valor es con el cual el purín llega al pozo de almacenamiento.

El arrastre producido por el sistema de recolección tres a cuatro veces al día no permite mayores pérdidas nutricionales de los purines, además no existe una dilución que pueda variar la composición nutritiva mencionada anteriormente.

Los cálculos de producción total quedan expresados de la siguiente manera:

Tabla 47: Producción diaria de purines con lluvia normal.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,411
Purines post vereda	40,372
Purines corral	8,411
Runoff vereda	0,2276
Runoff post vereda	0,256
Runoff corrales	7,112
Total	64,7896

Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos entregados por la Tabla 46 fueron hechos para un día de lluvia normal. Ahora, se entregaran los valores producidos en un día de lluvia fuerte (30 mm).

Tabla 48: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria
Purines vereda	8,411
Purines post vereda	40,372
Purines corral	8,411
Runoff vereda	17,034
Runoff post vereda	12,776
Runoff corrales	354,882
Total	441,886

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de producción diaria que se entregan son cálculos realizados en base al sistema de recolección diaria que se está haciendo actualmente en el predio.

La producción de purines localizada en corrales y en el sector de post vereda fue calculada y sumada dentro del la producción diaria de purines, pero este valor no es acercado a lo que pasa en la realidad cotidiana del feedlot, debido a que el movimiento e fecas es sumamente lento en días en que no hay lluvias. Además, el tipo de suelo presente en los corrales impida un flujo continuo hacia las tuberías de unión entre corrales. Es por esto que los valores de producción de purines en corral, purines en post vereda y sus correspondientes *runoff* se encuentran con márgenes de error que es difícil calcularlos y que van más allá de este estudio.

El movimiento de purines desde el sector post vereda es el que presenta la mayor concentración de purines y a la vez una gran pérdida. Esta última se debe al poco movimiento presente en esta zona por las características ya mencionadas. Además, en esta zona se produce una gran cantidad de purines los cuales mezclados con las piedras del sector producen posibles daños físicos a los animales. También va en contra de las condiciones de bienestar animal.

Es importante notar que el 75 % de los purines se produce en los tres primeros metros de los corrales desde el comedero hacia el interior. Por esto, se hace necesario aumentar el área de la vereda de alimentación hasta tres metros de ancho, con esto se consigue una mayor utilización y conservación de la calidad nutricional del estiércol de

bovinos. Este aumento de purines pretende garantizar un mayor flujo de purines que serán tratados.

Cálculos en base a sistema propuesto

A continuación se entregarán los valores de purín estimados a manejar en una vereda con tres metros de ancho. Lo que varía en esta situación es que se toma en consideración el volumen de purín producido en el sector que pertenecía a post vereda con un coeficiente de escorrentía distinto (superior).

Tabla 49: Producción diaria de purines con lluvia normal.

Producto	Producción diaria
Purines vereda	8,411
Purines post vereda	53,83
Purines corral	8,411
Runoff vereda	0,6827
Runoff corrales	11,379
Total	82,7137

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se entregan valores de producción de purines con un evento de lluvia fuerte (30 mm):

Tabla 50: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,411
Purines post vereda	53,83
Purines corral	8,411
Runoff vereda	34,068
Runoff corrales	354,882
Total	459,602

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que el valor de la producción post vereda es distinto al calculado anteriormente, esto se debe a que el CE es distinto, ya que con el nuevo manejo en seco propuesto (Anexos) se busca un ensanchamiento de la vereda de alimentación, con esto se captaría la producción de purines post vereda con un CE superior al actual debido al material impermeable del cual está compuesta dicha vereda.

La superficie disponible para el sistema de almacenamiento y purificación es de 1 hectárea aproximadamente.

En los cálculos realizados no se tomó en consideración el flujo de sedimentos producidos en el terreno total de los corrales, sólo se hizo el cálculo basándose en los purines producidos en el sector de recolección mecánica (vereda ampliada de tres metros).

Los valores finales obtenidos indican que la cantidad de material probable de purines más el sedimento propio de los corrales puede fluctuar entre 82,713 y 459,602 m^3 $día^{-1}$ con el nuevo sistema propuesto.

Es importante mencionar que esta producción de sedimentos presenta rangos muy variables que hacen de su estimación bastante imprecisa. El manejo de erosión adoptado por el propietario debe disminuir el desarrollo de cárcavas dentro de los corrales, ya que con esto se logra mantener la superficie de suelo. Además, se evita el movimiento de piedras de distinto tamaño que causan daño a los animales y obstruyen los pasos, caminos y tuberías de conexión entre distintos corrales.

Diseño sistema de tratamiento

A continuación sé entregan recomendaciones a tener en consideración a la hora de optar por la construcción de un pozo de almacenamiento de purines (SAG, 2001):

- El tiempo de permanencia de los purines no hidratados en el pozo no está limitado en períodos de invierno y la periodicidad del vaciado dependerá de la capacidad del pozo en cuestión.
- Debe ubicarse a una distancia mínima de 20 metros de quebradas, líneas de drenaje y cursos de agua. Los pozos instalados a una distancia menor, deben contar con

medidas preventivas para evitar desbordes (sistemas de contención, pretiles y respetando la capacidad máxima de diseño).

? El pozo debe estar aislado del suelo por una superficie impermeable natural o artificial, de modo que no existan infiltraciones ni lixiviación a recursos hídricos subterráneos y/o superficiales.

En la Carta 11 se puede observar la ubicación que va a tener el sector de tratamientos. La napa subterránea se encuentra bien profunda así que no existiría mayor problema con la profundidad de los sistemas de tratamientos y pozos de almacenamiento.

El sistema de tratamiento general consta de un pozo de almacenamiento de los purines, luego vendría un pequeño receptor de estas aguas con un TR de un día aproximadamente el cual estaría conectado finalmente al sistema wetland de flujo horizontal. El TR calculado para el sistema wetland es de cuatro días aproximadamente con un período de máximas lluvias.

Tabla 51: Sistemas de tratamiento y volúmenes.

Componente del tratamiento	Volumen (m^3)	Tiempo de retención (TR) días
Pozo almacenador	600	7,4
Pozo de TR menor	72	1
FWS (wetland)	1980	4,5

Fuente: Elaboración propia.

Los volúmenes calculados para el sistema de tratamiento son susceptibles a cambios, debido a que fueron realizados para grandes volúmenes de producción en la época de mayores lluvias y por ende mayor flujo de purines.

Estiércol Sólido

El manejo actual de esta fase sólida de purines no está alejado de lo correcto. En verano se hace una recolección del material Este movimiento se realiza una vez al año y en épocas de menor densidad animal.

Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenes y compromete el acceso a las calles y corrales. Este es otro motivo para mantener limpios los corrales (Pordomingo, 2003). Por lo dicho anteriormente se busca ampliar la vereda de alimentación, ya que con este tamaño la acumulación máxima que se produce en la zona de post vereda se va a ver disminuida y será más manejable.

Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Estos se deberían limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales.

A continuación se entregarán las producciones de estiércol producidas en los corrales del feedlot. Es conveniente dejar en claro que los números obtenidos pueden estar sobreestimados, debido a las pérdidas de nutrientes que existe en los corrales. No se tomaron en consideración las pérdidas por infiltración y arrastre de elementos a causa de las lluvias.

Tabla 52: Producción de purines total.

Prod. Purines por día en feedlot	***Kg. / corral / día***	***Kg. / día / feedlot***	***Producción total anual***	***CE 0,5 Anual***
134573,2	1770,7	33643,3	12279,81	6139,91 Ton

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 51 entrega las producciones de estiércol en los corrales. Estas cantidades están siendo almacenadas a las afueras del feedlot.

Recomendaciones finales

- ✍ El sistema de tratamiento de purines escogido es el Wetland, previo almacenamiento de purines en dos pozos de distintos tamaños. El argumento radica en que la fracción de purines, que llega al sector escogido para el tratamiento, es bastante líquida. Además, al no tener cultivos en los cuales aplicar dichos residuos orgánicos, estos deben ser tratados para no realizar una posible contaminación.
- ✍ El material proveniente de la vereda y corral debe ser conducido por quebradas semi naturales hacia las tuberías de unión entre corrales, las cuales son de diámetro inadecuado, ya que se producen tapones de piedras y material de arrastre. Se recomienda agrandar estas tuberías para el paso fluido de purines a través de ellas.
- ✍ Las quebradas naturales deben tener un control contra la erosión que se pueda presentar en los corrales, dichas quebradas se pueden ir erosionando aún más llegando a formar cárcavas.
- ✍ El canal colector principal donde fluye todo el material proveniente del feedlot debe ser impermeabilizado, debido a la posible infiltración hacia el subsuelo y a la cercanía que este tiene con un estero de regadío de la zona.
- ✍ En la vereda de recolección es posible que se arrastren piedras, las cuales deben ser separadas al final de la vereda, con el fin de no obstruir el paso por las tuberías.
- ✍ Se debe hacer un manejo adecuado de pendientes dentro de los corrales y sobretodo en aquellos sectores alejados de las quebradas naturales. Estos son las esquinas de los corrales que siempre se forman grandes acumulaciones de estiércol que se inunda hacia los pasillos.

Foto 16: Acumulación de purines en corrales.

Fuente: Elaboración propia.

- Al momento de retirar los sólidos de los corrales se deben almacenar en pilas en el mismo lugar que actualmente se ocupa, con el fin de producir abono orgánico que pueda ser vendido a predios cercanos o utilizados en las viñas de la sociedad dueña del predio.
- El sector elegido para el tratamiento de purines no fue el más apropiado, ya que ese sector es la ribera de un río de la zona. El problema que puede surgir es al momento de la crecida que pueda tener dicho río. Por esto se deben tomar medidas preventivas respecto al direccionamiento de dicha ribera, junto a la protección del sistema de tratamiento.
- No utilizar agua en el sistema de remoción de purines por las quebradas, ya que se estaría contaminando agua limpia y se incrementaría el grado erosivo producido en las quebradas.

Opciones Alternativas

El predio Liguai al no contar con terreno para la aplicación de sus purines debe necesariamente negociar su producto orgánico. Es por esto, que la posibilidad de compostar el estiércol sólido se hace fuerte y apropiada para su situación predial. La zona de Huelquén es netamente agrícola y con grandes fundos tanto frutales como agrícolas, por lo que el negocio de venta de abono orgánico puede ser una buena alternativa. Sin embargo, este producto final debe ser un producto de calidad superior.

Ordenamiento Territorial

A continuación se entregarán las cartas territoriales en las cuales se grafican los diseños de soluciones prediales correspondientes al predio analizado. Abajo, se muestra un diagrama del sistema de recolección de purines mecánico (figura 29).

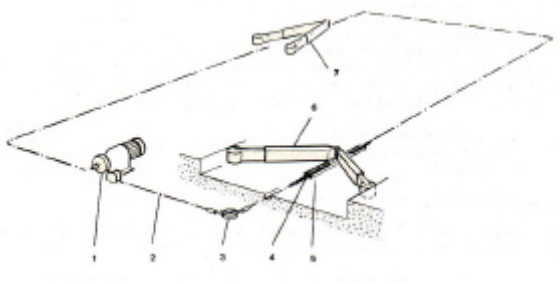
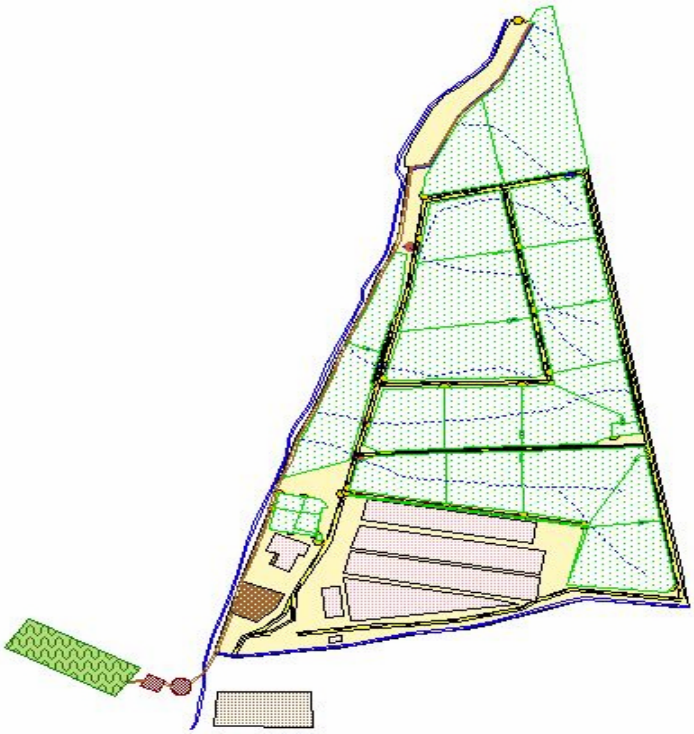


Figura 29: Mecanismo de recolección de purines propuesto.

Fuente: Poppen, 2006



N

- Canal Colección
- Quebrada Natural
- Canal Artificial
- Camino
- Camino Animales
- Corrales
- Romana
- Almacenamientos
- Comedero y Vereda Alimentación
- Casa
- Sector Compost
- Pozo Almacenamiento
- Wetland FWS
- Deslinde
- Tubos purines
- Portón
- Bebedero

Predio: Fundo Liguai
Superficie: 12 ha
Carta: Solución Purines

Ubicación

Región: Metropolitana
Provincia: Maipo
Comuna: Paine

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala: 1:4600

Estudio de Caso: Fundo "Santa Magdalena"

Para el diseño de un sistema de tratamiento purinero se debe tener en consideración los siguientes factores: producción máxima de purines en el feedlot, factores de escorrentías en las distintas zonas de los corrales, precipitaciones máximas probables y evaporación del purín en el lugar de tratamiento.

Producción de purines

La producción de purines en el feedlot estará determinada por los factores descritos en la Tabla 53. Cabe destacar que existen factores adicionales a estos que influyen en la producción de purines que no fueron considerados para este estudio.

Tabla 53. Factores que determinan la producción de purines en el *feedlot*

Parámetro	Valores
PV	400
Dig	0,75
Indig	0,25
Consumo MV	18,44
% MS	0,51
Consumo MS	9,45
% MS en fecas	0,19
Fecas MS	2,36
Fecas MV	12,44
Orina	8,7
% Cenizas	0,035
% N en fecas MV	0,0045
Total fecas + orina	21,14
N° animales por corral	250
N° corrales	8

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 54, presenta la producción total diaria de purines del feedlot cuando este se encuentra en su máxima capacidad, es decir 8 corrales con 250 animales cada uno. Esta producción está fuertemente afectada por las aguas de lavado que son introducidas en el sistema. Estas aguas de lavado afectan principalmente la zona del corral mismo, ya que el sector donde se encuentra el comedero, pasillo de alimentación y vereda está techado. Esto es sumamente importante, ya que las lluvias en esta zona sobrepasan los 1100 mm al año, con intensas lluvias aisladas.

La proporción de las depositaciones de los purines se mantienen igual, ya que son una constante en los sistemas de engorda de alta producción.

Tabla 54. Producción total de fecas y orina por corral y total del *feedlot*, en MV y MS al día.

Producto	**l MV /día**	**Kg. MS / día**
Fecas/corral	3110	590
Orina/corral	2175	76,13
Fecas/total	24880	4720
Orina/total	17400	609,04
Total fecas + orina corral	5285	666,13
Total fecas + orina feedlot	42200	5329,04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Proporción de depósito del purín.

Lugar	**Proporción Purines**
Vereda	25 %
2 metros post - vereda	50 %
Corral general	25 %

Fuente: Elaboración propia.

Asumiendo que un 25 % de los purines totales son depositados en la vereda de alimentación (Tabla 55), el volumen final de purines producidos diariamente en la vereda sería de 10550 litros, es decir 10,55 m^3 $día^{-1}$ aproximadamente.

La escorrentía de este lugar está sujeta a filtraciones de aguas lluvias o a alguna aplicación externa de agua, ya que al encontrarse techada la zona de la vereda, esta sólo cuenta con el movimiento propiciado por los animales y la misma humedad del estiércol del animal.

En lo que respecta a la producción de purines en el sector post vereda y dentro de los corrales, el nivel de producción alcanza los valores de 21,1 m^3 $día^{-1}$ y 10,55 m^3 $día^{-1}$ respectivamente. Para la obtención correcta de estos valores se ocuparán coeficientes de escorrentía (CE) que fluctúan entre 0,5 y 0,8 (Pordomingo, 2003).

Tabla 56: Producción de purines basándose en el CE correspondiente por zona.

Sector de producción	Producción (m^3)	CE	Producción final (m^3)
Vereda	10,55	0,8	8,44
Post vereda	21,1	0,5	10,55
Corrales	10,55	0,5	5,275

Fuente: Elaboración propia.

Los CE entregados a cada lugar de los corrales fueron elegidos basándose en el tipo de construcción de cada componente. El sector de la vereda presenta el coeficiente mayor debido a que es de cemento, lo que permite un casi completo escurrimiento. El sector de los corrales presenta el menor CE, ya que se encuentra a suelo desnudo, por lo que la infiltración es mayor y por ende, el escurrimiento menor. Además, la características de un suelo arenoso tipo “duna” hace que el escurrimiento sea el menor que se pueda presentar. Por último, al sector de post vereda se le otorgó un valor bajo también, esto por el tipo de suelo explicado anteriormente. Si bien, este es el sector con mayor cantidad de purín producido, sus características edáfica hace que el escurrimiento sea bastante limitado, a pesar de la gran cobertura orgánica que presenta. El techo termina su área de cobertura justo en esta zona, lo cual aumentará el flujo y volumen de purines y hacia el pozo de almacenamiento.

El sellado y compactación del suelo es más lento en este tipo de suelo, pero muestras tomadas con barreno en el mismo corral, dejaron a la vista el sellado en el suelo del corral. Estos coeficientes son basados en la infraestructura actual del feedlot.

Para el cálculo del agua lluvia producida en los corrales durante el mes de Junio (mes más lluvioso), se trabajará con las fórmulas de Overcasch *et al*; 1983. Estos valores son aquellos producidos en cada salida de corral. Toma factores como la escorrentía y características de humedad del suelo. Sin embargo, no toma en consideración la pendiente del lugar y tipo de suelo, este último sumamente importante en este predio.

Cálculos de purines en el sistema actual

Según Overcasch *et al*; 1983 Q = (P – 0.2 * S) / (P + 0.8 * S), donde Q es la cantidad de salida de agua; P es las precipitaciones (pulg.) y N es un número que entrega la humedad del suelo, siendo 100 saturado, 91 seco y 97 mojado.
Se debe tener en cuenta que en las formulas entregadas no se incluyen factores como: pendiente del suelo, clima, tipo de suelo, digestibilidad de las fecas, etc.
Se analizarán dos supuestos de suelos (seco y húmedo).

Si tenemos que 1 mm equivale a 0.03937 pulgadas, entonces:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:
S = (1000 / 97) – 10
N = 97; S = 0.3093; P = 0.2913

✍ Q = $(0.2913 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.2913 + 0.8 * 0.3093) = 0,053 / 0,539 = 0,098 pulg. = 2,4892 mm * 3500 m2 * 0,5 * 8 = **34,85 m3 de salida de agua en corrales al día.**

Para una lluvia fuerte de 50 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:
S = (1000 / 91) – 10
N = 97; S = 0.9890; P = 1.9685
✍ Q = $(1,9685 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,9685 + 0,8 * 0,9890) = 3,1354 / 2,7597 =
1,13614 pulg. = 28,858 mm * 3500 m^2 * 0,5 * 8 = **404,012 m^3 de salida de agua en corrales al día.**

Estas cantidades de escorrentía calculadas son para un día de lluvia promedio del mes de Junio, el cual es un valor que puede estar subestimado, ya que cuando existen lluvias en invierno estas no son con los valores *promedios* mensuales. Por esto, se calculó el *runoff* de una lluvia intensa y con menor probabilidad de ocurrencia que el primer cálculo.

Los factores de pendiente y tipo de suelo que no son considerados por esta fórmula, los cuales son importantes respecto a la cantidad de material que va llegar al pozo de almacenamiento, y también en el grado de erosión producido por las corrientes de agua en los corrales.

El porcentaje de MS en los purines de bovinos de feedlot se encuentra cercano al 30% (Pordomingo, 2003; y análisis personales realizados para el estudio). Este valor es con el cual el purín llega al pozo de almacenamiento.

Los análisis de laboratorio realizados a las fecas arrojaron valores cercanos al 20% con lo que llegan al digestor (pozo temporal), pero con el alto porcentaje de dilución provocado por la cantidad de agua caída en la zona estos valores pueden ser cercanos a los del 30% mencionados anteriormente.

El uso de un sistema de recolección de fecas en seco por arrastre, también es recomendado para este sistema de engorda (Ver diseño en Anexo).

Los cálculos de producción total de purines quedan expresados de la siguiente manera:

Tabla 57: Producción diaria de purines.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,44
Purines post vereda	10,55
runoff corrales	34,85
Total	53,84

Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos entregados por la Tabla 57 fueron hechos para un día de lluvia normal. Ahora, se entregan los valores producidos en un día de lluvia fuerte (50 mm).

Tabla 58: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,44
Purines post vereda	10,55
Runoff corrales	404,012
Total	423,002

Fuente: Elaboración Propia.

En los cálculos realizados anteriormente no se tomó en consideración el *runoff* producido en la vereda de alimentación, ya que al estar techada esta parte no se verá afectada por el agua de lluvia. El no colocarlo no implica que no exista, sino que su valor es muy cercano a cero y no presenta un gran aumento de volumen para el sistema de tratamiento. El agua que va a escurrir en la vereda va a ser la aportada por los propios animales en el ir y venir de los corrales hacia el sector de los alimentos, también se producirá por el agua a causa de el viento.

Foto 17: Sector techado del corral.

Fuente: Elaboración propia.

La producción de purines en corrales se acerca al 25% del total de la producción de purines en todo el corral. Al estar a suelo y cielo descubierto gran parte del corral y con una alta pluviometría a lo largo del año, el manejo de las fracciones sólidas en este predio es

bastante distinto, sobretodo en lo que respecta a volúmenes de estiércol que llegan al sector de tratamientos.

Para el cálculo del sistema de tratamiento se tomará en consideración la producción de purines presente en el corral, como efecto del tipo de suelo en el flujote estos hacia el sistema, el CE jugará un papel preponderante. Además, se incluirá el *runoff* producido en la post vereda, ya que parte de esta se encuentra al aire libre.

Si tenemos que 1 mm equivale a 0.03937 pulgadas, entonces:

Para un día normal estimado del mes de Junio con un suelo mojado se tiene:

S = (1000 / 97) – 10

N = 97; S = 0.3093; P = 0.2913

✍ Q = $(0.2913 – 0.2 * 0.3093)^2$ / (0.2913 + 0.8 * 0.3093) = 0,053 / 0,539 = 0,098 pulg. = 2,4892 mm * 50 m2 * 0,5 * 8 = **0,49784 m3 de salida de agua en post vereda al día.**

Para una lluvia fuerte de 50 mm en un día con un suelo relativamente seco se tiene:

S = (1000 / 91) – 10

N = 97; S = 0.9890; P = 1.9685

✍ Q = $(1,9685 – 0,2* 0,9890)^2$ / (1,9685 + 0,8 * 0,9890) = 3,1354 / 2,7597 = 1,13614 pulg. = 28,858 mm * 50 m^2 * 0,5 * 8 = **5,7716 m^3 de salida de agua en post vereda al día.**

Primero, se realiza el cálculo para un día de lluvia normal dentro del mes de Junio:

Tabla 59: Producción diaria de purines.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,44
Purines post vereda	10,55
Runoff post vereda	0,498
Purines corral	5,275
Runoff corrales	34,85
Total	59,613

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se sigue con un día de lluvia intensa:

Tabla 60: Producción diaria de purines con lluvia fuerte.

Producto	Producción diaria (m^3)
Purines vereda	8,44
Purines post vereda	10,55
Runoff post vereda	5,772
Purines corral	5,275
Runoff corrales	404,012
Total	434,049

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante notar que el 75 % de los purines se produce en los tres primeros metros de los corrales desde el comedero hacia el interior.

Sistema propuesto

El sistema propuesto no variará en gran parte el sistema del feedlot, sino que promoverá el correcto espacio del territorio y de forma eficiente. Además, se diseñará un sistema de manejo del flujo de purines que no permita los rebalses, desmoronamientos ni obstrucciones del material a mover.

A la existencia de un pozo de almacenamiento de purines se le sumará otro de menor envergadura y por lo tanto de menor tiempo de retención (TR). El actual pozo será aumentado de tamaño, con el fin de permitir un mayor TR. Este pozo está conectado con el más pequeño, esto para que el pasaje de un pozo hacia otro sea una vez que el volumen alcance un valor previamente determinado.

La lluvia es un factor limitante en la toma de decisiones de que sistema de tratamiento es el correcto para este predio. La gran cantidad de agua caída en la zona y su intensidad lleva a posibles problemas con el rebalse de los purines desde el pozo.

Es necesario realizar un pozo almacenador de mayor tamaño para que permita un TR más largo. Luego, habrá un segundo pozo almacenador con un tiempo de retención

menor, el cual permitirá un mejor flujo hacia el sistema final de purificación de aguas Wetland.

El sistema Wetland se recomienda ya que al encontrarse muy cerca al río Paicaví es posible que los residuos del feedlot contaminen dicho río o las napas subterráneas que llegan al río.

Para obtener un buen almacenamiento de purines y la purificación de sus aguas, se debe tener un sistema de canalización eficiente desde los corrales hacia el sistema de tratamiento final.

Este feedlot presenta corrales de un tamaño que permite un fácil manejo de los purines, además, la cercanía y el corto trayecto que tiene que recorrer el flujo de purines hacia el tratamiento final permite un mejor trabajo en términos de menor contaminación.

Los valores finales obtenidos indican que la cantidad de material probable de purines más el sedimento propio de los corrales puede fluctuar entre 59,613 y 434,049 m^3.

Es importante mencionar que esta producción de sedimentos presenta rangos muy variables que hacen de su estimación bastante imprecisa.

Receptividad Tecnológica del Territorio

Aplicación de purines al suelo

El fundo Santa magdalena, produce anualmente cerca de 21.758,7 ton materia verde (MV), o 6.527,6 ton MS. Por consiguiente, los purines pueden llegar a proporcionar 130,5 toneladas de nitrógeno, 32,6 de fósforo y 97,9 de potasio. El nitrógeno disponible para las plantas el primer año, es solo el 40 % (Eghball, 2000; 2002), por lo que sólo debe considerarse 52,2 toneladas de nitrógeno al momento de evaluar su valor fertilizante. El valor de los purines puede ser representado en cantidades de fertilizantes comerciales, mostrado en la Tabla 61.

Tabla 61. Producción anual de nutrientes proveniente de purines y su valor económico.

Nutriente	Producción anual (ton)	Equivalencia en fertilizante	Cantidad equivalente (ton)	Costo ton de fertilizante	Valor producción purines
N	52,20	Urea	113,48	$ 204.000	$ 23.149.565
P	32,60	SFT	70,87	$ 185.000	$ 13.110.870
K	97,90	Muriato de K	157,90	$ 197.000	$ 31.106.935
				Total	$ 67.367.370

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un 65% de eficiencia de utilización de nitrógeno de las plantas, se puede hablar de un ahorro de fertilizante de hasta $15.000.000 al año. Sin embargo se opta por un sistema de depuración de purines a través de un wetland debido a la proximidad del feedlot al río Paicaví, la elevada capacidad necesaria para el almacenamiento de purines para su aplicación en la época adecuada y la dificultad de aplicación de purines en un prolongado periodo del año.

La gran cantidad de precipitaciones que posee el fundo (1107 mm/año), en conjunto con el tipo de suelo donde se encuentra establecido (arenoso), generan un enorme potencial de lixiviación de nitratos originados por los purines. Por esto se debe tener especial cuidado al

calcular dosis de aplicación de purines al suelo. Estos no deben realizarse por ningún motivo durante los meses de invierno y muy limitados durante otoño. La disminución de la actividad de los microorganismos presentes en el suelo por las bajas temperaturas durante el invierno, inhibe la mineralización del nitrógeno del purín promoviendo también la lixiviación hacia aguas subterráneas (Eghball, 2000; Eghball, 2002).

El cálculo de las aplicaciones dependerá de la demanda del cultivo y la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo y la eficiencia de la fertilización (Rodríguez, 1993) Un exceso en la aplicación resulta en lixiviación y movimiento superficial de nutrientes e incrementa el riesgo de salinización (Pordomingo, 2003). Los requerimientos de nitrógeno de los cultivos presentes en el predio son mostrados en la Tabla 62.

Tabla 62: Demanda de nitrógeno de los cultivos del predio.

Cultivos	Demanda de Nitrógeno (Kg/ha)
Ballica (*Lolium multiflorum*)	345
Maíz silo (*Zea maiz*)	270

Fuente: Rodríguez (1993).

Los nutrientes disponibles en el suelo dependerán del cultivo anterior y de fertilizaciones anteriores. (Rodríguez, 1993).

Otro factor a considerar es la eficiencia de la fertilización nitrogenada, en este caso, a través de los purines. Según Rodríguez (1993), para fertilizantes minerales, la eficiencia va a estar determinada como se indica en la Tabla 63.

Tabla 63. Balance de la fertilización nitrogenada.

Balance de N en el suelo	Porcentaje (%)
Absorción cultivo	65
Inmovilización	15
Lixiviación	5
Desnitrificación	10
N-inorgánico	5

Fuente: Elaboración propia.

Según este autor, en una situación de bajo riesgo la eficiencia de la fertilización (EFN) se puede estimar mediante la siguiente formulación:

EFN = 0,85 * 0,85 * 0,95
= 0,65

Los valores 0,85 corresponden a los coeficientes de la desnitrificación e inmovilización (15% de pérdidas en cada caso) y 85 % al coeficiente de lixiviación (% perdido). Corregidos los coeficientes expresados en porcentaje se obtiene un valor de la eficiencia de la fertilización nitrogenada con mínimo riesgo de lixiviación de 65%. O sea, que se recupera un 65% de la fertilización aplicada utilizando fertilizantes inorgánicos. En el cálculo se considera que el nitrógeno "inmovilizado" en las raíces (15%) es recuperado por el cultivo y forma parte de la demanda del cultivo. (Rodríguez, 1993).

El fundo Santa Magdalena, es un caso con alto riesgo de lixiviación, debido a su condición de suelo y sus elevadas precipitaciones. Por esto, el coeficiente de lixiviación utilizado es de 0,85 (15% de pérdida), por lo que la eficiencia de fertilización nitrogenada baja a 0,55.

Según Rodríguez (1993) múltiples estudios realizados en condiciones de campo muestran que la recuperación por los cultivos del fertilizante nitrogenado agregado es de 60% a 80%. Casos atípicos, pueden ser los suelos delgados y arenosos con altas precipitaciones (como las del fundo estudiado) y en general cuando se realiza un manejo inadecuado de la tecnología del uso de fertilizantes nitrogenados o purines.

Por ejemplo, para el maíz se estima que las dosis necesarias de nitrógeno por hectárea serán:

- Demanda: 270 Kg. N /ha
- Suministro: 60 kg. N/ha
- Eficiencia de fertilización: 0,55

$$\text{Dosis} = \frac{\text{demanda} - \text{suministro}}{\text{Eficiencia}} = \frac{270 \text{ Kg. /ha} - 60 \text{ Kg. N/ha}}{0,55} = 382 \text{ Kg. N/ha}$$

Por lo tanto una dosis de nitrógeno por hectárea, para el maíz será 382 Kg. N/ha. Este resultado se encuentra expresado en unidades de nitrógeno por hectárea y para manifestarlo en términos de purines se debe considerar la disponibilidad de estos para la planta.

El nitrógeno contenido en los purines no esta disponible inmediatamente para la planta, sino que necesita de un proceso de mineralización previa. Los nutrientes contenidos en los purines estarán accesibles para la planta cuando la materia orgánica aplicada al suelo sea degradada y los nutrientes sean liberados en formas solubles. Este proceso no es instantáneo y solamente la mitad del nitrógeno aplicado estará disponible para el cultivo en el primer año. (Pordomingo, 2003). El nitrógeno remanente, de degradación más lenta, se libera en los años sucesivos gracias a la acción microbiana por lo que debe considerarse dentro del suministro del suelo al momento de realizar aplicaciones futuras.

Por esto debe considerarse la mineralización del nitrógeno contenido en los purines. Como se mencionó, para el primer año los purines presentan una mineralización del 40% en promedio.

El contenido de nitrógeno “disponible” de los purines es bajo en comparación a los fertilizantes minerales comerciales, sin embargo el costo comparativo entre ambos beneficia a los purines (INIA, 1999).

El predio posee 300 hectáreas de cultivo: 200 hectáreas de Ballica anual y 100 hectáreas de maíz. Esta superficie no es utilizable para la aplicación de purines durante los meses de la fuertes precipitaciones debido al riesgo de pérdidas por lixiviación de nitratos.

Por lo tanto, a partir del volumen total de purines generados en el predio, sólo se considera la utilización de aquellos producidos durante septiembre y febrero. Esto debido a la dificultad de aplicar el resto del año los purines al suelo por las condiciones favorables a la lixiviación. Por lo tanto solo se puede contar con alrededor de 10.730 toneladas al año para la aplicación al suelo. El valor de los purines utilizables, es presentado en cantidades de fertilizantes comerciales, mostrado en la Tabla 64.

Tabla 64. Producción anual de nutrientes utilizables proveniente de purines y su valor económico.

Nutriente	Producción anual (ton)	Equivalencia en fertilizante	Cantidad equivalente (ton)	Costo de fertilizante (ton)	Valor producción purines
N	25,00	Urea	54,35	$ 204.000	$ 11.086.957
P	16,10	SFT	35,00	$ 185.000	$ 6.475.000
K	48,30	Muriato de K	77,90	$ 197.000	$ 15.346.935
				Total	$ 32.908.892

Fuente: Elaboración propia.

En base a Rodríguez (1993), la dosis necesaria para el maíz y la ballica, expresado en purines, corresponde a 159,2 y 216 toneladas materia verde (MV) de purín/ha respectivamente. Esto considerando un 30% de contenido de humedad del purín extraído del pozo de almacenamiento. Estas altas dosis de aplicación, sobre las 100 ton MV/ha, no son recomendable según Pordomingo (2003).

Actualmente se estima que se aplican aproximadamente 63 toneladas de purines/ha. Para medir el efecto de estas dosis de aplicación en aguas subterráneas, se utilizó columnas de suelo según la metodología descrita anteriormente. Los resultados obtenidos son presentados en la Tabla 65.

Tabla 65. Resultados de percolación de nitratos y amonio en columnas de suelo.

Líquidos percolados	Volumen lixiviado (ml)	Volumen lixiviado (L/m2)	NO3 mg/L (ppm)	NH4 mg/L (ppm)
Control	100	15,72	2,50	0,09
Tratamiento				
Columna 2	1170	183,96	14,00	0,16
Columna 3	800	125,79	15,90	0,09
Columna 4	980	154,09	12,60	0,01
Promedio Tratamiento	983	154,61	14,17	0,09

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos resultados se puede llegar a establecer una dosis límite de aplicación. Según los resultados obtenidos en las columnas de suelo, el fundo Santa Magdalena, presenta problemas de lixiviación de nitratos bajo las dosis de aplicación utilizadas en la actualidad. La cantidad de nitratos lixiviada (14,17 mg/L) sobrepasa el límite máximo aceptado por la normativa vigente, para lugares con vulnerabilidad media (Tabla 66). No se considera que el predio posee vulnerabilidad baja debido a las características anteriormente mencionadas.

Sin embargo, es la Dirección General de Aguas y no los autores quien determina la vulnerabilidad de un acuífero. Para esto, se considera la profundidad del punto de descarga; propiedades del suelo, de la zona saturada y de la zona no saturada; características intrínsecas del acuífero, niveles freáticos más desfavorables, tipo de acuífero, y características de la recarga (Decreto Supremo Nº46/2000).

La concentración de nitrito no fue analizado debido a su baja proporción dentro del contenido de nitrógeno de los líquidos percolados.

Tabla 66. Límites Máximos Permitidos para Descargar Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.

Contaminante	**Limites Máximos Permitidos**	
	Vulnerabilidad Media (mg/l)	Vulnerabilidad Baja (mg/l)
PH	6,0-8,5	6,0-8,5
N-Nitrato + N-Nitrito	10,00	15,00
Nitrógeno Total	10,00	15,00

Fuente: Decreto Supremo Nº 46 de 2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.

Para evitar la contaminación de aguas subterráneas producidas por purines, la dosis de aplicación máxima a aplicar en el predio alcanza los 44,46 toneladas MV de purines/ha durante el mes más lluvioso. Con esto se estaría cumpliendo los límites máximos descritos en el Decreto Supremo Nº 46 de 2002. Pese a esto, debe considerarse la variabilidad en la cantidad de precipitaciones anuales, lo que afectará la dosis a aplicar al suelo.

La incorporación, la parcialización de las aplicaciones y la época oportuna son técnicas que en la mayoría de los casos, aún en condiciones de riesgo de una disminución

de la eficiencia de la aplicación de purines (en términos de pérdidas por lixiviación, desnitrificación o inmovilización) permiten mantenerla en una nivel de normalidad.

A pesar de poseer condiciones favorables para la aplicación de purines al suelo, cantidades superiores a 70 o 100 toneladas MV de purines /ha han deprimido los rendimientos, provocado salinización, daño a la producción y contaminación por lixiviación (Pordomingo, 2003 citando a Stewart y Meek, 1977).

Estiércol Sólido

El manejo actual de esta fase sólida de purines no está alejado de lo correcto. Permanentemente se encuentran realizando limpieza de corrales. Esta recolección se hace cada dos meses aproximadamente, ya que el material que queda acumulado es bastante durante el tiempo de engorda.

Si la cantidad de material acumulado excede los 15 o 20 cm de altura y ocurren lluvias, puede comenzar un flujo masal de la excreta (movimientos similares a los de la lava volcánica) que ensucia todo a su paso, congestiona drenes y compromete el acceso a las calles y corrales. Este es otro motivo para mantener limpios los corrales (Pordomingo, 2003). Normalmente se limpian los corrales cuando están vacíos entre salidas y entradas de lotes de animales. Se deberían limpiar dentro de los 5 días luego de salido el lote de animales para evitar el encostrado con la humedad diaria y lluvias eventuales.

A continuación se entregarán las producciones de estiércol producidas en los corrales del feedlot. Es conveniente dejar en claro que los números obtenidos pueden estar sobreestimados, debido a las pérdidas de nutrientes que existe en los corrales. No se tomaron en consideración las pérdidas por infiltración y arrastre de elementos a causa de las lluvias (ya fue sumado en cálculos anteriores).

Tabla 67: Producción de purines total anual.

Prod. Purines por día en feedlot	***Kg. / corral / día***	***Kg. / día / feedlot***	***Producción total anual***	***CE 0,5 Anual***
42200 Kg.	1318,75 Kg.	10550 Kg.	3850,75 Ton	1925,38 Ton

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 67 entrega las producciones de estiércol en los corrales. Estas cantidades están siendo aplicadas sin un mayor conocimiento en cuanto a cantidad por potrero.

Diseño pozos

A continuación sé entregan recomendaciones a tener en consideración a la hora de optar por la construcción de un pozo de almacenamiento (SAG, 2001):

El tiempo de permanencia de los purines no hidratados en el pozo no está limitado en períodos de invierno y la periodicidad del vaciado dependerá de la capacidad del pozo en cuestión.

Debe ubicarse a una distancia mínima de 20 metros de quebradas, líneas de drenaje y cursos de agua. Los pozos instalados a una distancia menor, deben contar con medidas preventivas para evitar desbordes (sistemas de contención, pretiles y respetando la capacidad máxima de diseño).

El pozo debe estar aislado del suelo por una superficie impermeable natural o artificial, de modo que no existan infiltraciones ni lixiviación a recursos hídricos subterráneos y/o superficiales.

En la Carta 12 se puede observar la ubicación que van a tener los pozos purineros para su tratamiento. Es de suma importancia ver donde se encuentra la napa subterránea presente en el predio. Esto debe ser confirmado con exactitud, ya que al encontrarse muy próximos a un río, es posible que la napa se encuentre más cerca de la superficie.

El primer pozo estará ubicado en la zona más inmediata al feedlot y va a contar con una capacidad de almacenamiento de 500 m^3, con una capacidad de retención de 8 días para un mes lluvioso normal como Junio. Posee 8 m de radio y 2,5 m de profundidad.

El pozo ubicado a continuación del primer pozo va a contar con una capacidad de almacenamiento de 94 m^3 aproximadamente. Este será un pozo de almacenamiento con un tiempo de retención de 1 día aproximadamente. Sus longitudes son 20 m de largo, 12 de ancho y 0,4 de profundidad.

Todos los pozos presentarán 30 a 50 cm de espacio vacío hasta su superficie. Esta altura es con el fin de no presentar problemas de rebalse en caso de fuertes lluvias.

Tabla 68: Producción de purines en sistema de tratamientos.

Componente del tratamiento	Volumen (m^3)	Tiempo de retención (TR) días
Pozo almacenador	500	8
Pozo de TR menor	94	1
FWS (wetland)	990	3

Fuente: Elaboración propia.

Recomendaciones finales

- Debido al clima imperante en el predio, se recomienda realizar las aplicaciones al suelo a través de un sistema de aspersión (tipo carrete) y posteriormente realizar la incorporación de los purines al suelo, cuando sea posible.
- Las aplicaciones deben realizarse en los meses de primavera y verano. Se sugieren aplicaciones días previos a la siembra del maíz y aplicaciones antes del inicio del periodo exponencial de crecimiento de la planta (Rodríguez, 1993). Dichas aplicaciones pueden alcanzar las 70 toneladas MV/ha, entregando 168 Kg. $N_{disponible}$ /ha, lo que debe complementarse con 214 Kg N/ha para el caso del maíz y 350 Kg. N/ha para la ballica (Rodriguez, 1993).
- Deben evitarse aplicaciones durante el periodo comprendido entre los meses de marzo y agosto, donde las precipitaciones son más intensas, de manera de evitar contaminaciones a cauces de agua por lixiviación o escurrimiento. En caso contrario, debe considerarse la proximidad de precipitaciones al momento de la aplicación y efectuar dosis menores a 44,46 toneladas MV de purines/ha, de manera de no generar efectos adversos al medio ambiente.
- Puede considerarse una alternativa de aplicación de purines la superficie utilizada para el cultivo de triticale en un fundo próximo, del mismo propietario. Otra alternativa de utilización es la aplicación de purines a sectores forestales, también de los mismo dueños del fundo Santa Magdalena. En ambos casos, se debe analizar el efecto de estas aplicaciones en el suelo, recursos hídricos (cauces abiertos y subterráneos), y el ambiente en general (flora y fauna habitante en el bosque).

- El manejo del territorio debe ser eficiente en términos de funcionalidad y ubicación. Por esto, se recomienda mover la zona de almacenamiento de fardos en la que se encuentra localizada actualmente hacia un sector que es graficado en la Carta 12.
- El pozo de almacenamiento permanecerá en el lugar que actualmente se encuentra, pero las nuevas longitudes necesitarán un mayor espacio que será el obtenido al cambiar el almacenamiento de los fardos.
- La construcción del segundo pozo será a continuación del principal, este segundo pozo estará conectado al sistema de tratamiento wetland como método final de purificación de aguas. Para esto es necesaria la remoción de las plantaciones de pinos en esta zona, los cuales pueden ser ocupados como cortavientos naturales, además de su función contra olores indeseables.
- Los pozos deben estar cubiertos, a cierta altura (no más de 40 cm), con un pequeño techo que impida el aumento de volumen de los pozos por las lluvias caídas en la zona.
- Se recomienda homogenizar el material presente sobre la superficie, ya que con esto se evitará la formación de costra y el sedimento será más fácil de remover y utilizar.

Foto 18: Formación de costras en la superficie del pozo.

Fuente: Elaboración propia.

- El sistema de canalización principal debe presentar una impermeabilización de concreto en lo ideal, ya que el tipo de suelo es muy susceptible a desmoronamientos hacia los mismos canales. El canal principal será graficado en la Carta 12.
- La recolección de los purines provenientes de los corrales hacia el canal principal, debe ser conducida por quebradas que presenten una pendiente a favor y con un grado de impermeabilización menor que el principal (asumiendo sellados de suelos por purines).

- La recolección de purines desde las veredas debe ser conducido por un canal de características similares al principal y que pase por la unión entre corrales. Este canal irá con una especie de rejilla que permita el paso de animales.
- Los corrales de la zona Sur oriente del feedlot deben presentar pendientes que favorezcan el flujo de purines hacia una acequia colectora, la cual se conectará con el canal de corrales del sector Poniente, descrito en el párrafo anterior (Carta 12).
- Se debe construir un sistema de canaletas en el techo del feedlot, esto es para la canalización correcta de las aguas lluvias hacia el río Paicaví o para la reutilización en el propio feedlot. No se debe ocupar esta agua para lavado de purines en la vereda, ya que se está buscando la disminución de volumen que llegará al pozo y la no contaminación de aguas limpias.
- En los corrales que presentan una pendiente bastante pronunciada (los dos primeros de la zona Nor Oriente), se debe hacer un control contra la erosión existente en el lugar, con esto se busca obtener un menor impacto en las caídas de árboles producto del desarrollo de cárcavas y un menor impacto en el aumento de volumen de sedimentos que llegan al sector de la vereda de alimentación. Sistemas de oclusión, terrazas o plantaciones de árboles.
- Se debe aplicar el estiércol sacado de los corrales cada dos meses a las hectáreas necesarias, en este caso serían alrededor de 10.
- A futuro se podría optar a la producción de biogás para la generación de energía a partir del estiércol. Se debería tener un mayor cuidado con las cantidades de arena que llegan al reactor de almacenamiento. Una vez solucionado este problema se estaría en mejores condiciones para la obtención de energía.

Opciones Alternativas

El predio Santa Magdalena cuenta con grandes terrenos en los cuales la aplicación del estiércol sólido acumulado en el pozo puede ser entregado. Además, los propietarios cuentan con otros terrenos en los cuales pueden aplicarlo de igual forma.

Ordenamiento Territorial

A continuación se entregarán las cartas territoriales en las cuales se grafican los diseños de soluciones prediales correspondientes al predio analizado. Abajo, se muestra un diagrama del sistema de recolección de purines mecánico (figura 30)

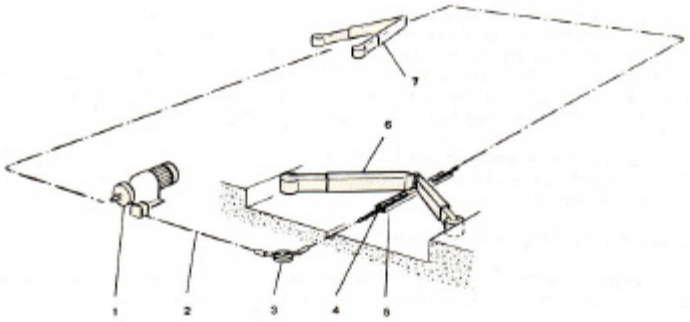
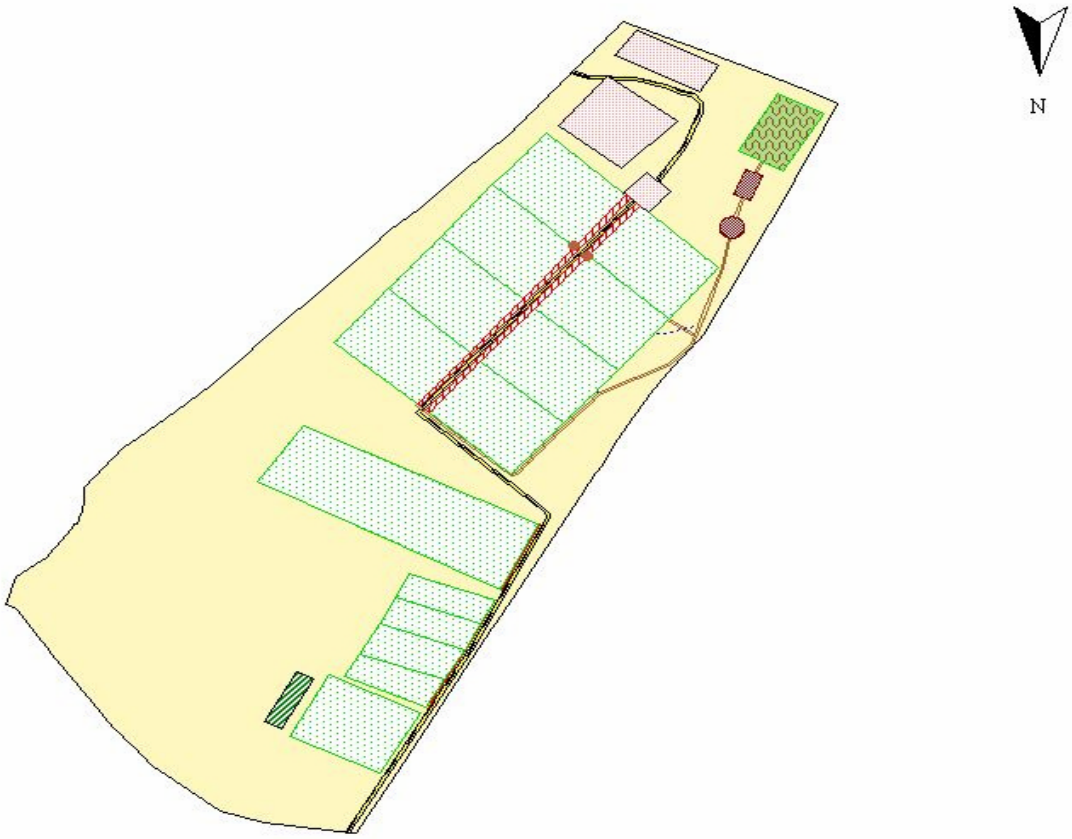


Figura 30: Mecanismo de recolección de purines propuesto.

Fuente: Poppen, 2006.



Bebedero
Tubos Purines
Almacenamiento
Corrales
enfermeria
Pozo acumulación
Wetland FWS
Comederos y Vereda Alimentación
Oficinas
Canal Colector Purines
Quebradas Manejo
Camino
Canal Descarga Pozo
Canal Recoleccion Purines
Deslinde Feedlot

Predio: Fundo Santa Magdalena

Superficie: 305 ha

Carta: Solución Purines

Ubicacion

Región: Bio Bio

Provincia: Arauco

Comuna: Cañete

Autores: Raúl Contreras
Rafael Vilches

Escala 1:3000

Diseño Ficha Purinera

Basados en la metodología utilizada para el diseño de las soluciones de manejo de purines en los estudio de casos, y aplicando el modelo propuesto al comienzo de este informe, se elaboró una *Ficha Purinera*. Esta *Ficha*, tiene como objetivo servir de guía para la elección y/o planificación de un sistema de manejo de purines sustentable para cada predio.

A modo de solución de manejo de purines, se consideraron los principales sistemas de tratamiento de purines utilizados en Chile (Compost, Biodigestor, Lombricultura, Wetland y Separadores) y la aplicación de éstos al suelo. Además, se consideró la aplicación de purines como una forma de reciclaje de nutrientes dentro del ciclo biogeoquímico del nitrógeno, de forma de mantener el ciclo estable.

Para el diseño de la *Ficha Purinera* se utilizó el programa Excel, de Microsoft Office, para completar de manera rápida y fácil los datos necesarios. Además, esta se puede utilizar impresa para mayor facilidad en el trabajo de terreno.

En la parte frontal, la ficha presenta una descripción del predio. Esta descripción permite conocer datos fundamentales del predio como la producción de purines anual, la superficie disponible para la aplicación de purines, la ubicación administrativa y ecológica, clima, serie de suelo, la composición química de los purines y los resultados del ensayo de percolación a través de columnas de suelo. Estos datos permiten crear de una manera sencilla y rápida, una imagen general del predio y a partir de esta, emitir ciertos diagnósticos o juicios referentes a la información entregada. En la Figura 30 se muestra un ejemplo de la parte frontal de una *Ficha Purinera*, en este caso para un predio Ubicado en Cañete. Como se puede ver en la Figura 31, al observar la ficha solo un par de minutos se puede elaborar una imagen del predio bastante cercana a la realidad.

En la parte posterior de la *Ficha* se muestra el límite máximo de aplicación de purines (basado en estudio de lixiviación por columnas), las dosis de aplicación de purines en base a los requerimientos del cultivo (si hubiese) y una tabla de evaluación de 5 sistemas de manejo de purines. Esta evaluación tiene como objetivo entregar una orientación respecto a la solución para el manejo de purines. Una vez evaluado cada sistema de manejo a partir de las condiciones existentes en el predio en estudio, la tabla entrega un puntaje a

cada opción, siendo la alternativa con el mayor puntaje la opción más adecuada para el predio en cuestión.

F I C H A P U R I N E R A

Predio	Fundo Santa Magdalena
Propietario	Familia Burgos

Clasificación Administrativ	Región	Bio Bio
	Provincia	Arauco
	Comuna	Cañete

Clasificación Ecológica	Reino	Templado
	Dominio	Húmedo "Selva Templada"
	Provincia	Húmeda de Verano Fresco

Clima

Pp anuales	1107	mm
Pp Mes más lluvioso	221	mm

Serie Suelo	***Curanipe***

Balance de Purines

Peso Vivo Promedio	400	Kg
Digestibilidad Estimada	75.00	%
Consumo Materia Verde	18.44	Kg/día
Materia Seca en dieta	51.25	%
Consumo Materia Seca	9.45	Kg/día
Fecas MV	12.43	Kg/día
% MS en fecas	19.00	%
Fecas MS	2.36	Kg/día
Orina	8.74	Kg
Cenizas	11.00	%
Fecas + Orina	21.18	Kg/día
Animales por corral	250	
Número de corrales	8	
Pp diaria mes más lluvioso	7.37	mm/día
Sup. Vereda Alimentación	50	m2
Sup. Corral	3500	m2
Valor N (100, 97 o 91)	97	
Coef. runoff vereda	0.8	
Coef. Runoff post-vereda	0.5	
Coef. runoff corral	0.5	
Runoff vereda	0.7873447	m3/día
Runoff post-vereda	0.4920904	m3/día
Runoff corral	34.44633	m3/día
Total Fecas+Orina	60.08	ton/día
Total Fecas+Orina anual	21,928.56	ton/año

Superficie Predio	305	ha
Sup. Utilizable Tratamiento	si	si/no
Sup. Disponible Aplicación	300	ha
Cultivo (rotacion de especies) * Maíz, Ballica		
Dda. Nitrógeno Proximo Cultivo	270	Kg N/ha
Suministro N Cultivo Anterior	60	Kg N/ha
Disponibilidad de Riego	-	m3/ha

Composición Purines a Manejar

Humedad	81.00	%
Nitrógeno	2.00	% MS
Fósforo	0.50	% MS
Potasio	1.50	% MS
Cenizas	11.00	% MS

Valor Fertilizante Purines

Nitrógeno	33.33	ton/año
Fósforo	20.83	ton/año
Potasio	62.50	ton/año

Lixiviación Nitrógeno

Dosis aplicación N	63	ton/ha
Volumen Lixiviado	983	ml/mes
Contenido de NO3	14.17	mg/l

Figura 31: Ejemplo de parte frontal de Ficha Purinera.

Fuente: Elaboración propia

Además de la evaluación realizada por el profesional, se puede incorporar el criterio del productor para la selección de soluciones al manejo de purines. Este criterio se le llama ponderación, el cual revela a través de porcentajes la importancia que el productor entrega a cada uno de los parámetros evaluados de los sistemas de manejo. Pese a esto, será el propio

productor quien tome la última decisión. En la figura 32 se puede apreciar la parte posterior de una *Ficha Purinera* de un predio de la zona central

Aplicación de purines al suelo

Límite máximo aplicación (en base a ensayo lixiviación)	0.00	ton/ha
Demanda N cultivo	0.00	Kg N/ha
Suministro N suelo	0.00	Kg N/ha
Eficiencia fertiización (Desnitrificacion, inmovilización, lixiviación)	0.00	%

Dosis aplicación N	#¡DIV/0!	kg/ha
Dosis aplicación purines (base composición de N y Mineralización Anual)	#¡DIV/0!	ton/ha
Capacidad de Uso por ha		ton/ha/año
Volumen Aplicable Total	0	ton/ha
Cantidad Remanente (purines)	23,521	ton/año

Sistema de Tratamiento

Tecnoestructura Disponible

Canales	si	si/no
Pozo Almacenamiento	no	si/no
Cobertura Corrales	no, alta pedregosidad	

	Compost	Digestor	Wetland	Separador	Lombricultura	Pond.(%)
Espacio Disponible	5	5	5	5	5	0
Composición Purín	3	1	5	1	2	0
Producción Purines	4	1	3	1	2	0
Adaptabilidad climática	5	5	5	5	4	0
Beneficio Ecológico	4	3	5	3	4	0
Beneficio Económico	5	3	1	2	5	0
Inversión Inicial***	3	1	2	2	3	0
Bajo Impacto Predial***	2	3	5	2	1	0
Total	31	22	31	21	26	0
Total Ponderado	0	0	0	0	0	

bueno, alto, suficiente	5
	4
medio, regular	3
	2
bajo, malo, insuficiente	1

Inversion Inicial e Impacto Predial***
alta = 1
baja= 5

Solución (es) recomendada(s):
Compost
Wetland
Wetland
Compost
Compost

Figura 32. Parte posterior Ficha Purinera

La utilización de la ficha tiene como requisitos el ensayo de lixiviación de nitratos según la metodología propuesta de columnas de suelo, el análisis de la composición de los purines y datos específicos del predio, estos últimos generalmente proporcionados por el productor. A continuación se entregan las fichas purineras correspondientes a cada predio estudiado.

F I C H A P U R I N E R A

Predio	Fundo Calbú
Propietario	Werner Haeussler

Clasificación Administrativa	Región	Valparaíso
	Provincia	San Antonio
	Comuna	San Antonio

Clasificación Ecológica	Reino	Templado
	Dominio	Secoestival "Mediterraneo"
	Provincia	Secoestival Nubosa

Clima

Pp anuales	447	mm
Pp Mes más lluvioso	98,7	mm

Serie Suelo	Lo Vásquez

Balance de Purines

Peso Vivo Promedio	400	Kg
Digestibilidad Estimada	75,00	%
Consumo Materia Verde	31,10	Kg/día
Materia Seca en dieta	37,06	%
Consumo Materia Seca	11,53	Kg/día
Fecas MV	15,17	Kg/día
% MS en fecas	19,00	%
Fecas MS	2,88	Kg/día
Orina	8,74	Kg
Cenizas	11,00	%
Fecas + Orina	23,91	Kg/día
Animales por corral	200	
Número de corrales	10	
Pp diaria mes más lluvioso	3,29	mm/día
Sup. Vereda Alimentación	150	m2
Sup. Corral	6900	m2
Valor N (100, 97 o 91)	97	
Coef. runoff vereda	0,8	
Coef. Runoff post-vereda	0,8	
Coef. runoff corral	0,5	
Runoff vereda	0,37	m3/día
Runoff post-vereda	0,00	m3/día
Runoff corral	10,65	m3/día
Total Fecas+Orina	45,68	ton/día
Total Fecas+Orina anual	16.673,45	ton/año

Superficie Predio	1974	ha
Sup. Utilizable Tratamiento	si	si/no
Sup. Disponible Aplicación	520	ha
Cultivo (rotacion de especies) *		
Avena, Maíz, Ballica, Falaris-Trébol subt., Alfalfa		
Dda. Nitrógeno Proximo Cultivo	270	Kg N/ha
Suministro N Cultivo Anterior	60	Kg N/ha
Disponibilidad de Riego	-	m3/ha

Composición Purines a Manejar

Humedad	81,00	%
Nitrógeno	2,00	% MS
Fósforo	0,50	% MS
Potasio	1,50	% MS
Cenizas	11,00	% MS

Valor Fertilizante Purines

Nitrógeno	25,34	ton/año
Fósforo	15,84	ton/año
Potasio	47,52	ton/año

Lixiviación Nitrógeno

Dosis aplicación N	100	ton/ha
Volumen Lixiviado	220	ml/mes
Contenido de NO3	9,33	mg/l

Aplicación de purines al suelo

Dosis Aplicación Purines Actual	80	ton/ha/año
Límite máximo aplicación (en base a ensayo lixiviación)	85,74	ton/ha/año
Demanda N cultivo	270,00	Kg N/ha
Suministro N suelo	60,00	Kg N/ha
Eficiencia fertiización (Desnitrificacion, inmovilización, lixiviación)	55,00	%
Dosis aplicación N	381,82	Kg/ha
Dosis aplicación purines (base composición de N y Mineralización Anual)	159,09	ton/ha/año
Capacidad de Uso por ha	80,00	ton/ha/año
Suplementación Fertilizante	189,8	Kg N/ha
Volumen Aplicable Total	41600	ton/ha
Cantidad Remanente (purines)	0	ton/año

Sistema de Tratamiento

Tecnoestructura Disponible

Canales	si	si/no
Pozo Almacenamiento	si	si/no
Cobertura Corrales	no, solo vereda	

	Compost	Digestor	Wetland	Separador	Lombricultura	Pond.(%)
Espacio Disponible	3	5	5	5	4	0
Composición Purín	5	3	5	1	4	0
Producción Purines	3	5	5	4	4	0
Adaptabilidad climática	3	5	4	4	3	0
Beneficio Ecológico	3	2	5	3	3	0
Beneficio Económico	5	3	2	4	5	0
Inversión Inicial***	4	2	3	3	4	0
Bajo Impacto Predial***	2	3	4	2	2	0
Total	28	28	33	26	29	0
Total Ponderado	0	0	0	0	0	

bueno, alto, suficiente	5
	4
medio, regular	3
	2
bajo, malo, insuficiente	1

Inversion Inicial e Impacto Predial***
alta = 1
baja= 5

Solución (es) recomendada(s):
Wetland
Wetland
Wetland
Wetland
Wetland

F I C H A P U R I N E R A

Predio	Fundo Liguai
Propietario	Sociedad Agrícola El Lingal Ltda.

Clasificación Administrativa	Región	Metropolitana
	Provincia	Maipo
	Comuna	Paine

Clasificación Ecológica	Reino	Templado
	Dominio	Secoestival "Mediterraneo"
	Provincia	Secoestival Prolongada

Clima

Pp anuales	418,9	mm
Pp Mes más lluvioso	92,5	mm

Serie Suelo	Pintué

Balance de Purines

Peso Vivo Promedio	450	Kg
Digestibilidad Estimada	75,00	%
Consumo Materia Verde	25,10	Kg/día
Materia Seca en dieta	42,79	%
Consumo Materia Seca	10,74	Kg/día
Fecas MV	14,23	Kg/día
% MS en fecas	18,87	%
Fecas MS	2,69	Kg/día
Orina	9,83	Kg
Cenizas	11,00	%
Fecas + Orina	24,06	Kg/día
Animales por corral	200	
Número de corrales	19	
Pp diaria mes más lluvioso	3,08	mm/día
Sup. Vereda Alimentación	90	m2
Sup. Corral	3000	m2
Valor N (100, 97 o 91)	97	
Coef. runoff vereda	0,8	
Coef. Runoff post-vereda	0,6	
Coef. runoff corral	0,5	
Runoff vereda	0,333934	m3
Runoff corral	6,956963	m3

Total Fecas+Orina	64,44	ton/día
Total Fecas+Orina anual	23.520,93	ton/año

Superficie Predio	12	ha
Sup. Utilizable Tratamiento	si	si/no
Sup. Disponible Aplicación	0	ha
Cultivo (rotacion de especies) *		
Dda. Nitrógeno proximo cultivo	0	Kg N/ha
Dda. Fósforo próximo cultivo	0	Kg P/ha
Disponibilidad de Riego	0	m3/ha

Composición Purines a Manejar

Humedad	81,13	%
Nitrógeno	2,48	% MS
Fósforo	0,50	% MS
Potasio	1,50	% MS
Cenizas	11,00	% MS

Valor Fertilizante Purines

Nitrógeno	44,03	ton/año
Fósforo	8,88	ton/año
Potasio	26,63	ton/año

Lixiviación Nitrógeno

Dosis aplicación N	0	ton/ha
Volumen Lixiviado	0	ml/mes
Contenido de NO3	0	mg/l

Aplicación de purines al suelo

Dosis Aplicación Purines Actual	0	ton/ha/año
Límite máximo aplicación (en base a ensayo lixiviación)	#¡DIV/0!	ton/ha
Demanda N cultivo	0,00	Kg N/ha
Suministro N suelo	0,00	Kg N/ha
Eficiencia fertiización (Desnitrificacion, inmovilización, lixiviación)	0,00	%
Dosis aplicación N	#¡DIV/0!	kg/ha
Dosis aplicación purines (base composición de N y Mineralización Anual)	#¡DIV/0!	ton/ha
Capacidad de Uso por ha	0,00	ton/ha/año
Suplementación Fertilizante	#¡DIV/0!	Kg N/ha
Volumen Aplicable Total	0	ton/ha
Cantidad Remanente (purines)	23.521	ton/año

Sistema de Tratamiento

Tecnoestructura Disponible

Canales	si	si/no
Pozo Almacenamiento	no	si/no
Cobertura Corrales	no, alta pedregosidad	

	Compost	Digestor	Wetland	Separador	Lombricultura	Pond.(%)
Espacio Disponible	5	5	5	5	5	0
Composición Purín	3	1	5	1	2	0
Producción Purines	4	1	3	1	2	0
Adaptabilidad climática	5	5	5	5	4	0
Beneficio Ecológico	4	3	5	3	4	0
Beneficio Económico	5	3	1	2	5	0
Inversión Inicial***	3	1	2	2	3	0
Bajo Impacto Predial***	2	3	5	2	1	0
Total	31	22	31	21	26	0
Total Ponderado	0	0	0	0	0	

bueno, alto, suficiente	5
	4
medio, regular	3
	2
bajo, malo, insuficiente	1

Inversion Inicial e Impacto Predial***
alta = 1
baja= 5

Solución (es) recomendada(s):
Compost
Wetland
Wetland
Compost
Compost

F I C H A P U R I N E R A

Predio	Fundo Santa Magdalena	
Propietario	Familia Burgos	

Clasificación Administrativa	Región	Bio Bio
	Provincia	Arauco
	Comuna	Cañete

Clasificación Ecológica	Reino	Templado
	Dominio	Húmedo "Selva Templada"
	Provincia	Húmeda de Verano Fresco

Clima

Pp anuales	1107	mm
Pp Mes más lluvioso	221	mm

Serie Suelo	***Curanipe***

Balance de Purines

Peso Vivo Promedio	400	Kg
Digestibilidad Estimada	75,00	%
Consumo Materia Verde	18,44	Kg/día
Materia Seca en dieta	51,25	%
Consumo Materia Seca	9,45	Kg/día
Fecas MV	12,43	Kg/día
% MS en fecas	19,00	%
Fecas MS	2,36	Kg/día
Orina	8,74	Kg
Cenizas	11,00	%
Fecas + Orina	21,18	Kg/día
Animales por corral	250	
Número de corrales	8	
Pp diaria mes más lluvioso	7,37	mm/día
Sup. Vereda Alimentación	50	m2
Sup. Corral	3500	m2
Valor N (100, 97 o 91)	97	
Coef. runoff vereda	0,8	
Coef. Runoff post-vereda	0,5	
Coef. runoff corral	0,5	
Runoff vereda	0,787345	m3/día
Runoff post-vereda	0,49209	m3/día
Runoff corral	34,44633	m3/día
Total Fecas+Orina	60,08	ton/día
Total Fecas+Orina anual	21.928,56	ton/año

Superficie Predio	305	ha
Sup. Utilizable Tratamiento	si	si/no
Sup. Disponible Aplicación	300	ha
Cultivo (rotacion de especies) *		
Maíz, Ballica		
Dda. Nitrógeno Proximo Cultivo	270	Kg N/ha
Suministro N Cultivo Anterior	60	Kg N/ha
Disponibilidad de Riego	-	m3/ha

Composición Purines a Manejar

Humedad	81,00	%
Nitrógeno	2,00	% MS
Fósforo	0,50	% MS
Potasio	1,50	% MS
Cenizas	11,00	% MS

Valor Fertilizante Purines

Nitrógeno	33,33	ton/año
Fósforo	20,83	ton/año
Potasio	62,50	ton/año

Lixiviación Nitrógeno

Dosis aplicación N	63	ton/ha
Volumen Lixiviado	983	ml/mes
Contenido de NO3	14,17	mg/l

Aplicación de purines al suelo

Dosis Aplicación Purines Actual	100	ton/ha/año
Límite máximo aplicación (en base a ensayo lixiviación)	70,57	ton/ha/año
Demanda N cultivo	270,00	Kg N/ha
Suministro N suelo	60,00	Kg N/ha
Eficiencia fertiización (Desnitrificacion, inmovilización, lixiviación)	55,00	%
Dosis aplicación N	381,82	Kg/ha
Dosis aplicación purines (base composición de N y Mineralización Anual)	159,09	ton/ha/año
Capacidad de Uso por ha	80,00	ton/ha/año
Suplementación Fertilizante	189,8	Kg N/ha
Volumen Aplicable Total	24000	ton/ha
Cantidad Remanente (purines)	0	ton/año

Sistema de Tratamiento

Tecnoestructura Disponible

Canales	si	si/no
Pozo Almacenamiento	si	si/no
Cobertura Corrales	no, solo vereda	

	Compost	Digestor	Wetland	Separador	Lombricultura	Pond.(%)
Espacio Disponible	3	5	5	5	4	0
Composición Purín	5	3	5	1	4	0
Producción Purines	3	5	5	4	4	0
Adaptabilidad climática	3	5	4	4	3	0
Beneficio Ecológico	3	2	5	3	3	0
Beneficio Económico	5	3	2	4	5	0
Inversión Inicial***	4	2	3	3	4	0
Bajo Impacto Predial***	2	3	4	2	2	0
Total	28	28	33	26	29	0
Total Ponderado	0	0	0	0	0	

bueno, alto, suficiente	5
	4
medio, regular	3
	2
bajo, malo, insuficiente	1

Inversion Inicial e Impacto Predial***
alta = 1
baja= 5

Solución (es) recomendada(s):
Wetland
Wetland
Wetland
Wetland
Wetland

Conclusiones

- Es fundamental que el manejo ambiental del predio esté basado en un Plan de Ordenamiento Territorial. A partir de éste se debe elaborar el diseño predial.

- La Receptividad Tecnológica del predio determina el método de utilización de purines en el predio. Una baja receptividad tecnológica impide un reciclaje de nutrientes adecuado.

- El estudio de la lixiviación en el perfil de suelo donde serán aplicados los purines es esencial para el conocimiento de la receptividad tecnológica del predio, por lo que se toma dentro de los requisitos principales al momento de calcular dosis de aplicación de purines al suelo.

- Las Normas Ambientales Vigentes serán determinantes al elaborar el diseño del sistema de manejo de purines. Además, debe coexistir conciencia ambiental y normativa legal en torno a los manejos, ya que la ley en muchas ocasiones no abarca estos aspectos (beneficios ecológicos).

- Cada predio ganadero presenta cualidades individuales que le entregan carácter único y particular, por lo que es fundamental un estudio detallado de cada predio en estudio, de manera de obtener soluciones adaptadas a las realidades de cada situación específica.

- Los factores que determinarán el diseño de la solución son muchos y muy variados, por lo que se debe aplicar el criterio respecto a la importancia de cada factor, adaptándose a las realidades presentes en cada caso.

- La opción escogida para el tratamiento de purines no es necesariamente la más factible económicamente, ecológicamente o socialmente, sino que debe ser un equilibrio entre las tres variables, de manera que sea sustentable en el tiempo y espacio y genere el

menor impacto posible dentro del predio. Lo fundamental es que la solución escogida sea la más ambientalmente sustentable.

- ✍ Se debe considerar y aceptar la inversión tecnológica en el establecimiento de sistemas de manejo de purines y percibir los purines como un recurso natural y no como un desperdicio.

- ✍ Se debe minimizar la inclusión de agua al sistema, de manera de evitar la contaminación de aguas limpias e impedir así el incremento de volumen de purines producidos.

- ✍ No se debe olvidar que se está trabajando con seres vivos, por lo que la solución involucra el bienestar animal presente en todas las fases productivas y zonas físicas del predio.

- ✍ La ficha purinera entrega una orientación al diseño de la solución de manejo de purines predial. Por lo tanto, no se deben desechar otras opciones de manejo al momento de tomar la decisión.

- ✍ Las pretensiones del productor deben ser consideradas al momento de diseñar las soluciones de manejo, por lo que se debe combinar los fundamentos teóricos utilizados en la ficha con los factores prácticos proporcionados por el productor.

- ✍ Es necesario hacer continuos análisis de los componentes participantes en el sistema de manejo de purines, ya sea suelo, estiércol, napas, etc.

- ✍ Problemas como la erosión o manejos de cursos de aguas naturales deben ser analizados y tratados de la forma más eficiente posible en términos ecológicos, ya que son recursos naturales presentes en el sistema natural y que han sido intervenidos por la instalación de sistemas productivos.

Bibliografía

Aguilera, Daniel. 2004. Evaluación del Efecto de la Densidad Poblacional Inicial y Dos Ambientes sobre el Crecimiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en la IX Región. Tesis. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Escuela de Agronomía. Temuco. Chile.

Alkalay, D. 1997. Aprovechamiento de Desechos Orgánicos para la Producción de Energía. Universidad Técnico Federico Santa María. Valparaíso. Chile.

Almendro M., Navarro J., Jordán M., García E. y Mataix J., 2001 "Ensayos de Movilidad de Compuestos Nitrogenados en Zona No Saturada", en:"Investigación, Gestión y Recuperación De Acuíferos Contaminados" EDITORES: A. Ballester Rodríguez, J. Grima Olmedo, J.A. López Geta, L. Rodríguez Hernández, Instituto Geológico y minero de España, 2001

ATCOM LTDA, 2006. Sistemas y Soluciones - Descripción de Sistemas Existentes. Chile. Santiago.

Avendaño, D.2003. El proceso de compostaje. Tesis UC. 2003. Santiago, Chile.

Basso B. y Ritchie J., 2005, "Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-years maize-alfalfa rotation in Michigan", Agriculture, Ecosystems and Environment Volume 108, Issue 4, 10 July 2005, Pages 329-341

BAUER, 2004. BAUER for a Green World... Catálogo de Venta. Características de Separador por Tornillo. Voistberg. Austria.

Brooks, Y. 2004. Desechos sólidos orgánicos, se aprovechan en la tecnología de la lombricultura. Asociación cubana de producción animal. Proyecto Lechero JAIBO. Guantánamo. Cuba.

Bueno, M. 2004. Como hacer un buen compost: Manual para horticultores ecológicos. Ediciones la Fertilidad de la Tierra. Navarra. España.

Burkart M. y James D., 1999. "Agriculture nitrogen contributions to hypoxia in the gulf of Mexico. Journal of Enviromental Quality, 28:850859.

Campos, A. 2001. Tesis Doctoral: Optimización de la Digestión Anaerobia de Purines de Cerdo mediante Codigestión con Residuos Orgánicos de la Industria Agroalimentaria. Universitat de Lleida. Departament de Medi Ambient i Ciencies del Sol. Laboratori d' Enginyeria Ambiental. Lleida. Italia.

Carrillo, L. 2003. Microbiología Agrícola. Capitulo 5: Rumen y Biogas. España.

Caviedes L. y Vergara M., 1988, "Efectos de los residuos de la biodigestión anaeróbica y aeróbica sobre algunas propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo". Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile, 96 p.

Celis, J., Junod, J., Sandoval, M. 2005. Recientes aplicaciones de la Depuraciòn de Aguas Residuales con Plantas Acuáticas. Revista Theoria. Vol 14. Número 1. pp 17 – 25. Universidad del Bio Bio. Chillán. Chile.

CNR-CIREN. 1997. "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile". Comisión Nacional de Riego y Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile. 54p.

Crites, R; Tchobanoglus, G. 2000. Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para núcleos pequeños y descentralizados. Tomo 3. Ediciones Mc Graw Hill, USA.

Cumsille C. y Mira B., 2005, "Principios para la instalación y operación de un feedlot. Estudio de caso: análisis del territorio y diseño de un plantel para la producción de carne de exportación, en un predio en Melipilla". Tesis Pontificia Universidad Católica de Chile.

D'Angelo, C. 2002. Marco conceptual para la ordenación de predios rurales. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago. Chile.

Davis J., Young M. and Ahnstedt B., 1997, "Soil characteristics of cropland fertilized with feedlot manure in the south platte river basin of Colorado. Journal of soil and water conservation, 97:327-331.

Dao T.H. y Cavigelli M.A., 2003, "Mineralizable Carbon, Nitrogen, and water-Extractable Phosphorus Release from Stockpiled and Composted Manure and Manure-Amended Soils", Agronomy Journal, vol 95, March-April 2003

Decara, L; Sandoval, G; Funes, C. 2004. El Uso de Biodigestores en Sistemas Caprinos de la Provincia de Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto - Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de Economía Agraria. Río Cuarto. Argentina.

De la Cruz, R. 2005. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de composteo y Lombricomposteo. Departamento de Fitomejoramiento. U.A.A.A.N. México.

Department of Agriculture, Government of Western Australia, 2002. "Guidelines for the environmental Management of beef cattle feedlots in Western Australia" Bulletin 4550.

Decreto Supremo Nº 46/2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de Chile, que establece las Normas de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas publicado en el Diario Oficial el 17 de enero de 2003

Dumont J.C., 2000, "Manejo eficiente de purines", Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de investigación Remehue, Informativo Remehue Nº 21.

Dumont J.C., 1995, "Producción, Manejo e Impacto Ambiental de Purines", Boletín Técnico N° 226 Centro Regional de Investigación Remehue Osorno. Publicado en la Serie Simposios y Compendios Volumen 3 de la Sociedad Chilena de Producción Animal SOCHIPA. 1995.

Eck, H y Stewart, B. 1995. Manure. En: Rechcigl, J. Soil Amendments and Environmental Quality... Agricultural Environment series. Capítulo 5. pp 169 – 198. University of Florida. Florida. USA.

Eghball B., 2000, "Nitrogen Mineralization from Field-Applied Beef Cattle Feedlot Manure or Compost", Soil Science Society of America Journal, Volume 64, Noviembre-Diciembre 2000

Eghball B., 2002, "Waste Management, Soil properties as Influenced by Phosphorus- and Nitrogen-Based Manure and Compost Applications", Agronomy Journal number 94, pages 128-135, 2002.

Emison Medi Ambient S.L. 2000. Lombricultura. Página Web: www.emison.com.

Enciclopedia Wikipedia, 2006 "Clasificación de los climas de Chile" sitio web: http://es.wikipedia.org/wiki/Climas_de_Chile, revisado el 23 de noviembre de 2006.

Errázuriz, M y Jordan, M. 2002. La tecnología ya se aplica para limpiar aguas servidas domiciliarias: En la UC estudian construir pantanos artificiales para tratar los residuos líquidos industriales. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Católica. Santiago. Chile.

Feng G.L., Letey J., Chang A.C. y Campbell M., 2005. "Simulating dairy liquid waste management options as a nitrogen source for crops". Agriculture, Ecosystems and Enviroment 110 (2005) 219-229.

Fischer-Kowalski M. y Haberl H., 1998, "El desarrollo sostenible: el metabolismo socioeconómico y la colonización de la naturaleza" Internacional Social Science Journal.
Fleming, Ron; MacAlpine, Malcolm. 2003. Evaluiation of Mechanical Liquid/Solid Manure Separators. Ridgetown College. University of Guelph.

Freney J.R., Simpson J.R. y Denmead O.T., 1983, "Volatilization of ammonia. En: Freney J.R. y Simpson J.R. (Eds), Gaseous loss of nitrogen from plant. Soil systems. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, The Hague, pp1-31.

Frioni L., 1999, "Procesos Microbianos", Editorial de la Fundación Universidad Nacional De Río Cuatro, Argentina, 332 pags.

FRTR, 1996. Ground Water, Surface Water, and Leachate. Ex Situ Biological treatment assuming pumping. Constructed Wetlands. Página Web:
http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-43.html#top. USA.

Gao G. y Chang C., 1996, "Changes in CEC and particle size distribution of soils associated with long-term annual application of cattle feedlot manure. Soil Science 161:115-120.

Gastó, J. 2006. Apuntes de clases *"Taller de Ecosistemas"*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

Gastó J., Cossio F. y Panario D., 1993, "Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición. Manual de Aplicación a Municipios y Predios Rurales". Red de pastizales Andinos. 254 pp.

Gastó, J., Vera, L., Vieli, L. 2006. De la *Silva* al Ager. Paisaje Cultural. Revista Agronomía y Forestal. Nº 28. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

Gastó, J., Vieli, L. 2006. Paisaje, Naturaleza y Emoción. Presentación Seminario PASAJESCOPIO. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

Gelt, 1997. Constructed Wetlands: Uson Human ingenuity, Natural Process to Treat Water Built Habitat. Arroyo, Volume 9, No 4. USA.

Gollehon N.y Caswell M., 2000. "Confined Animal Production. Poses manure management problems". Economic Research Service USDA, Agricultural Outlook, septiembre, pags 12-18.

Gomero, L. 2005. "Los Biodigestores Campesinos, una Innovación para el Aprovechamiento de los Recursos Orgánicos". LEISA, Revista de Agroecología. Perú.

González, C. 2005. Apuntes sobre Lombricultura. Instituto para la Producción e Investigación de la Agricultura Tropical. IPIAT.

González Y. y Sandoval S., 2005, "Diseño de Sistemas de Tratamiento y Aprovechamiento de Purines de Origen Bovino". Tesis Universidad Católica de Temuco. 204 pp.

H.E.Moller y Djurhuus J., 1997. "Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop", Soil and Tillage Research, *Volume 41, Issues 3-4, April 1997, Pages 203-219*

Hernández J.C., Orihuela D.L., Pérez-Mohedano S., Marijuan L. y Furet N.R., 2003. "Efecto de la Modificación del pH sobre la Lixiviación de Cationes en Columnas de Suelos

Calizos". Estudios de la Zona No Saturada del Suelo, Vol VI. VI. J.Álvarez-Benedí y P. Marinero, 2005.

Hilabert, .2005. Producción de Biogas. Consideraciones ambientales y de Salud Pública. Página Web: www.textoscientificos.com/energia/biogas

Huijsmans J.F.M., 2003. "Manure application and ammonia volatilization". Tesis Wageningen University, Holanda. 160 pp.

Infoagro, 2006. Concepto de Lombricultura.
En Página web: www.infoagro.com/abonos/lombricultura. Santiago, Chile.

IICA, 2004. Biodigestores. Documento en IICA. Nicaragua.

IICA, 2004. Informe Final del Diagnóstico Ambiental y Capacitación sobre el Manejo de Desechos Orgánicos en la Cadena Productiva Ganadera y recomendaciones Técnicas para su Uso Adecuado y Cumplimiento de Normas Legales en Fincas Ganaderas y Plantas Procesadoras de Leche en Nicaragua.

INIA, 1999, "Seminario taller de planificación predial económica, técnica y ambiental de purines", Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Remehue, Osorno, 1999. Serie remehue nº78, 54p.

INIA, 2005, "Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina".Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centros regionales de Investigación Carillanca y La Platina, Chile.

INIA, 2005. Recomendaciones Técnicas para el Manejo de Purines de la Explotación Porcina. Capítulo 2: "*Compostaje*". Santiago. Chile.

INIA, 2005. "Residuos Orgánicos y Contaminación". Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Remehue, Osorno. Revista Nº 60. pp 20 – 30. Chile.

Jordan, T. W; Hofrnocke, D; Pittek, M. 2003. Nutrient and Sediment Removal by a Restored Wetland Receiving Agricultural Runoff. Wetlands and Acuatic Processes. Journal Environmental Quality 32: 1534 – 1547. USAA.

Ju X.T., Kou C.L., Zhang F.S. y Christie P., 2006, "Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the north China Plain". Environmental Pollution 143 (2006) 117-125

Kaiser, F; Bas, F; Gronauer, A. 2002. Producción de Biogas a partir de Guano Animal: el caso de Alemania. Revista Agronomía y Forestal UC. N° 16. Año 2002. Págs. 4 – 8. Universidad Católica. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. Chile

Kaiser, F; Póvez, A, 2005. Las Virtudes del Biogas. Revista Agronomía y Forestal UC. N° 26. Año 2005. Págs. 9 – 31. Santiago, Chile.

Kassam, Z; Yerushalmi, L; Guiot, S. 2002. A Market Study on the Anaerobic Wastewater treatment Systems. Biotechnology Research Institute, National Research Council Canada. Montreal. Canada.

Meisinger J.J. y Jokela W.E., 2000, "Ammonia volatilization from dairy and poultry manure", Managing nutrients and Pathogens from animal agriculture (NRAES-130). Natural resource, agriculture and engineering service.

Langer, R; Rodolfo, E. 1985. Construcción y Prueba de un Biodigestor Anaeróbico con Estiércol de Vacuno. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral. Valdivia. Chile.

Lesikar, B. 1999. On site wastewater tretament system: Constructed Wetlands. Extension Agricultural Engineering Specialist. The Texas A&M University System. Texas. USA.

Lynn, M; Barrer, A; Rechcigl, J. 1995. Soil Amendments and Environmental Quality. University of Florida. Florida. USA.

Luévano, Armando; Velázquez, Noél. 2001. Ejemplo Singular en los Agronegocios. Estiércol de Vacuno: de Problema Ambiental a excelente Recurso. Revista Mexicana de Agronegocios, Julio – Diciembre, Vol. 9. Torreón. México.

Malina, J; **Pohland**, **F. 1992.** Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes. Lancaster. Technomic Publication. USA.

Melbourne Water, 2004. Tierras Pantanosas, un filtro natural. Información escencial. Aguas de Victoria. Melbourne. Australia

Minagri, 2006. LOMBRICULTURA. Centro de Divulgación Técnica. Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile.

Moncayo-Romero, G. 2003. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano "La Producción y el Aprovechamiento del Biogas". Tegucigalpa. Honduras

Montoya, G., Castillo, M., Vásquez, M., Hernández, J., Ramos, M., Méndez, E., Stter, S., Díaz, D., Mijangos, J. 2003. De la Ocupación Caótica a un programa de Ordenación Territorial para Chiapas. Ecosur. México.

Montoya M.I. y Martín M., 2005. "Análisis de la Varianza (ANOVA) en Ensayos de Lixiviación de N-Purín en Columnas Experimentales". Estudios de la Zona No Saturada del Suelo, Vol VII. F.J. Sampeer Calvete y González, 2005

MOP (Ministerio de Obras Públicas), 1989. "Mapa Hidrogeológico de Chile", Dirección General de Aguas, Santiago, Chile.

Navarro P., Moral H., Gómez L., Mataix B., 1995. ”Residuos Orgánicos y Agricultura”, Universidad de Alicante, España. Pág. 62.

New BMP, 1997. Constructed wetland Use in Non Point Source Control. “Design of Stormwater wetland Systems: Guidelines for Creating Diverses and Effective Stormwater Wetland Systems in the Mid - Atlantic Region”. Anacostia Restoration Team, Department of Environmental Programs, Metropolitan Council of Governments. USA.

Novoa R. y Villaseca S., 1989. “Mapa Agroclimático de Chile” Instituto de Investigación Agropecuaria, Santiago, volumen 1, 221 pags.

Núñez, M. 2000. Manual de Técnicas Agroecológicas. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental. México D.F. México.

Ortiz J.N., Nikolskii I.., Palacios O. y Acosta R., 1999. “Pérdidas de Agua de Riego por Percolación Profunda Durante el Proceso de Infiltración”. Terra Volumen 17, número 2.

Pachamama, 2005. Humus de Lombriz y su Aplicación. Lombricultura Pachamama S.A. Viña del Mar. Chile.

Pedreño, N; Herrero, M; Gómez, L; Beneyto, M. 1995. Residuos Orgánicos y Agricultura. Universidad de Alicante. Murcia. España.

Peña, R. 2003. Laguna de Estabilización para el Tratamiento de Agua Residuales. Universidad del Valle. Instituto Cinara. Colombia.

Pinder R.W., Pekneyb N.J., Davidsonc C.I., Adams P.J., 2004. “A process-based model ofammonia emissions from dairy cows: improved temporal and spatial resolution”, Atmospheric Environment 38 (2004) 1357–1365

Piña C.E., 2006, "Modulo de microbiología" Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Colombia.

Poppen, H. 2006. Manejo de Purines. Sistemas. Cátedra. Universidad Católica. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Curso Producción de Leche. Santiago. Chile.

Pordomingo A., 2003. "Gestión Ambiental en el Feedlot, Guía de Buenas Prácticas". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Anguil, Argentina.

Pratt E.V., Rose S.P., Keeling A.A., 2002, "Effect of ambient temperature on losses of volatile nitrogen compounds from stored laying hen manure", Bioresource Technology, volumen 84, September 2002, pages 203-205

Preston.T.R. 2005. Biodigester in Ecological Farming Systems. Leisa Magazine. Colombia. Págs. 8 - 12.

Rathgeb, W. 2001. Jardines y Huertos Orgánicos: Guía práctica paso a paso. Ediciones El Mercurio, Aguilar. Santiago, Chile.

Ribaudo M., Gollehon N., Aillery M., Kaplan J., Johansson R., Agapoff J., Christensen L., Breneman V. y Peters M., 2003. "Manure Management forWater Quality: Costs to Animal Feeding Operations of Applying Manure Nutrients to Land" U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Resource Economics Division. Agricultural Economic Report 824.

Ricedal, 2005. Lombricultura. Universidad de Buenos Aires. Provincia de Buenos Aires. Argentina.

Rodríguez, J. 1993, "La Fertilización de los Cultivos, Un Método Racional." Colección en Agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Rodríguez, M; Ureta, F. 1998. Diseño de un Sistema de Manejo de Estiércol en dos Planteles Lecheros de la R.M. Tesis para optar al Grado de Inegeniero Agrónomo. Universidad Mayor. Santiago. Chile

Ruiz, I; Álvarez, J; Soto, M. 2000. El Potencial de la Digestión Anaerobia en el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas y Efluentes de Baja Carga Orgánica. Universidade da Coruña. Facultad de Ciencias. Campus da Zapateira s/n, 15071. Coruña. España.

SAG, SISS Y FEDELECHE, 2006, "Guía de recomendaciones. Manejo de purines de lechería". Publicado por SAG 2006

SAG, 2001, "Guía de manejo y buenas prácticas para el sector lechero de la zona central".

Samani, Z; Macías-Corral, M. 2004. Generación de Energía y Fertilizante Orgánico a partir de Residuos Agrícolas. New Mexico State University. Departamento de Ingeniería Civil y Geotécnica. Torreón. México.

Salazar F.J. y Dumont J.C., 1996, "Manejo y utilización aplicada de purines y efluentes de lechería", Centro regional de investigación Remehue, Osorno 1996. Serie Remehue nº63, 111p.

Salazar F. J., Dumont J. C., Santana M. A., Pain B. F., Chadwick D. R., Owen E., 2003b, "Prospección del Manejo y Utilización de Efluentes de Lecherías en el Sur de Chile", Archivo médico veterinario número 35 (2).

Salazar E., López J, Zúñiga R., Vázquez C., Fórtiz M., Vital J., 2003, "Uso Y Aprovechamiento Del Estiércol Como Alternativa Nutricional En Invernadero", Universidad Autónoma Antonio Narro, México.

Sampedro M.I., 2005, "Disminución de la fitotoxicidad del alpeorujo seco y extractado por hongos saprobios y arbusculares" Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

Santibañez y Uribe, 1990, "Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana". Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Universidad de Chile, Fac. Cs. Agrarias y forestales, Laboratorio de Agroclimatología. Santiago, Chile. 65 p.

Sapiña F., 2006, "Un Futuro Sostenible??? El Cambio Global Visto Por Un Científico Preocupado", Publicación Universitat de Valencia, 160 pags. (http://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=fWyGedVSVpUC&oi=fnd&pg=PA13&sig= KICpGDALjblV4v-tTBlgMkrhSgM&dq=ciclos+biogeoquimicos+ estiercol#PPA16, M1, revisado el 27 de Diciembre de 2006)

Schlegel A.J., 1992, "Effect of composted manure on soil chemical properties and nitrogen use by grain sorghum" Journal of production agriculture, 5:153-157

Schulte D., 1998, "Do Earthen Structures Leak?". UNL Department of Biological Systems Engineering, Manure Matters, vol 4 n° 1. http://manure.unl.edu/v4n1_98.html (Revisado el 21 de septiembre de 2006)

Shutes, R. 2001. Artificial wetlands and water quality improvement. Environment International 26; 441 – 447. Urban Pollution Research Centre, Middlesex University. Bounds Green Road. London. UK.

Simeral, K. 1998. Using Constructed Wetlands for Removing Contaminants from Livestock Wastewater. Página Web: http://ohioline.osu.edu/a-fact/0005.html . Ohio. USA.

SMIC, 2004. Informe final del diagnóstico ambiental y capacitación sobre el manejo de desechos orgánicos en la cadena productiva ganadera y recomendaciones técnicas para su uso adecuado y cumplimiento de normas legales en fincas ganaderas y plantas procesadoras de leche en Nicaragua. Nicaragua.

Smith, K. A.; A. Brever, J. Crabb, A. Dauven. 2001. A critical appraisal of animal manure management practice in England and Wales; III. Cattle manure from dairy and beef enterpprises. *Soil Use Management* 17: 77-87

Sommer S.G., Oelsen J.E. y Christensen B.T., 1991, "Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry", J. Agri. Sci (Camb.) 117:91-100.

Spielmann, K. 2002. Evolución histórica y cultural de la percepción de la naturaleza y el territorio. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago. Chile.

Sundavaradivel, M y Vigneswaran, S. 2001. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Critical Rewiews in Environmental Science and Technology, 31 (4): 351 – 409. Faculty of Engineering. University of Technology. Sidney. Australia.

Swiman, E. y Hostetler, M. 2006. Composting. Página Web: www.wec.ufl.edu.

Thompson, R.B., Pain B.F. y Rees Y.J., 1990, "Ammonia volatilization from cattle slurry following surface application to grassland", Plant and Soil 125, 119-128 (1990).

Thomsen I., 2005. "Crop N utilization and leaching losses as affected by time and method of application of farmyard manure". European Journal of Agronomy 22 (2005) 1-9.

Ulloa, E. 1993. Manual básico de lombricultura. Santiago. Chile.

Urrutia, C. 1997. Bases para el Diseño de un Instrumento de Información Territorial para el Ordenamiento del Espacio Rural a partir del Sistema de Clasificación de Ecorregiones. Proyecto título, presentado para cumplir con los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

Valenzuela E., Leiva S. y Godoy R., 2001, "Variación estacional y potencial enzimático de microhongos asociados con la descomposición de hojarasca de *Nothofagus pumilio*" Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Verdejo, R. 2005. Lombricultura. Chillán. Chile.
Documento en Página Web: www.ofertasagricolas.cl/articulos

Verlinde, W. 2002. Metodología de análisis, diseño y planificación predial. El caso del fundo Pahuilmo. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago. Chile.

Waterrecycling, 2006. Constructed wetlands implemented for the Triangle School. Página Web: http://waterrecycling.com/index.htm. North Caroline State University. North Caroline. USA.

Wetland, 2006. Wetland S.A. Presentación de Matías Errázuriz, realizada en Universidad Católica. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. Chile.

Wiederholt R., Franzen D. y Johnson B., 2005, *"Livestock Manure Utilization in No-till cropping systems*", NDSU Extension Service, North Dakota State University of Agriculture and Applied Science

Zaffaroni F., 2005, “Desarrollo Rural, Metodología de Análisis y Restauración de Territorios Degradados, Estudio Dde Caso De La Cordillera Andina”, Proyecto de Titulo, Pontificia Universidad Católica de Chile

Zapata, A. 1996. Utilización del Biogas para Generación de Electricidad. Fundación CIPAV. Cali. Colombia.

ANEXO

Normativas Relacionadas al Manejo y Contaminación por RILES

Dentro de las normativas que regulan todo lo que concierne al manejo de purines, tanto tratamiento como emisión, podemos encontrar en la legislación chilena:

1.- Decreto Supremo Nº 609 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas, que Establece Norma de Emisión de para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos al Alcantarillado, publicado en el Diario Oficial el 20 de junio de 1998.

2.- Decreto Supremo Nº 90 de 2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (Que entró en vigencia en Septiembre del 2001).

3.- Resolución Nº 207 de 1983 de la Dirección General de Aguas, Establece las Normas sobre Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas y para Resguardar el Entorno Ecológico, la Calidad de los Acuíferos y la Disponibilidad del Recurso.

4.- Decreto Supremo Nº 745 de 1992 del Ministerio de Salud, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Mínimas en los Lugares de Trabajo. En especial, los artículos 17, 18 y 19. Establece límites permisibles para las concentraciones ambientales en lugares de trabajo, además de la disposición y almacenamiento de riles, entre otras cosas. Sin Embargo, a partir de Julio de 2001, el Decreto Supremo N° 594 de 1999, que aprueba reglamento planteado en el D.S. Nº 745/92, está en vigencia desde dicha fecha.

5.- Decreto con Fuerza de Ley Nº 725 de 1967 del Ministerio de Salud, Código Sanitario, publicado en el Diario Oficial el día 31 de Enero de 1968. En especial los artículos 71, 72, 73, 75 y 79 a 81. En esta normativa, se relaciona con las descargas de riles o purines y el uso de los efluentes industriales o en este caso de producciones ganaderas.

6.- Decreto Ley Nº 3557 de 1980, del Ministerio de Agricultura, Establece Disposiciones Sobre Protección Agrícola, publicada en el Diario Oficial el 9 de Febrero de 1981. Modificada por la Ley 19695 del 5 de octubre de 2000. Este Decreto de Ley establece mandatos para la protección del suelo, agua y aire.

7.- Resolución Nº 5081 de 1993, del Ministerio de Salud, Establece Sistema de Declaración y Seguimiento de los Desechos Sólidos del Ambiente, publicada en el Diario Oficial el día 18 de marzo de 1993. Esta resolución regula el proceso de generación, acumulación, transporte y disposición final de desechos sólidos industriales, para prevenir y/o evitar riesgos o daños eventuales de orden sanitario ambiental. De esta forma sería aplicable al transporte de purines fuera del predio.

8.- Ley Nº 3.133 que establece la Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales, publicada en el Diario Oficial el día 7 de septiembre 1916. Esta ley esta complementada a través del D.S. Nº351/92 del Ministerio de Obras Publicas, que reglamenta la neutralización de residuos líquidos industriales descargados en masas/cuerpos de agua o sistemas de recolección, publicada en el Diario Oficial el día 23 de diciembre de 1993, este D.S. reglamenta la disposición de riles descargados en masas/corrientes de agua o sistemas de recolección. Establece un sistema de permisos de operación para establecimientos que descargan riles. Además, este último esta modificado por el D.S. Nº 1.172 de 1998 del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el Diario Oficial el día 17 de febrero de 1998, en lo que respecta a la competencia de las empresas de servicios sanitarios, en la aprobación y fiscalización de los sistemas de tratamiento de residuos líquidos industriales descargados a sus redes

9.-Resolución Nº 350 de 1983 del Ministerio de Salud, que prohíbe el cultivo de las especies vegetales que señala en predios agrícolas de la Región Metropolitana que utilizan aguas servidas para su riego.

10.- Ley Nº 18.902, Crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios, otorgándole la responsabilidad de fiscalizar a los prestadores de servicios sanitarios y el control de los residuos líquidos industriales.

11.- Decreto Supremo Nº 735 de 1969 del Ministerio de Salud. Reglamento de los Servicios de Agua destinados al Consumo Humano. Establece que el Servicio de Salud debe aprobar todo proyecto de construcción, reparación, modificación y ampliación de cada obra pública o particular destinada a la provisión o purificación de agua para consumo humano.

12.- Decreto Supremo Nº 295 de 1986 del Ministerio de Relaciones Exteriores, Protocolo para la Protección del Pacifico Sudeste contra la contaminación proveniente de fuentes terrestres.

13.-Decreto Nº 867 de 1978 del Ministerio de Obras Publicas. Norma Chilena Oficial NCh 1333 Of 78. Establece los requisitos de calidad del agua para diferentes usos (potable, bebida, animales, riego, recreación y estética, y vida acuática).

14.- Ley 19.300, de 1997, Bases Generales del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el día 9 de abril de 1994. Esta en su artículo 1º plantea: “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia”.

15.- Decreto Supremo Nº 30 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del sistema de Evaluación Ambiental, publicado en el Diario Oficial el día 3 de abril de 1997. El cual, en su artículo 1º expresa y establece las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad, de conformidad con los preceptos de la Ley Nº 19.300 anteriormente mencionada.

16.- Decreto Supremo Nº 46 de 2002 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas, publicado en el Diario Oficial el día 17 de enero de 2003.

17.- Decreto Supremo Nº 95 de 2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Modifica reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental, publicado en el Diario Oficial el día 07 de diciembre de 2002.

18.- Instructivo Nº 1124 de 2001 de la Superintendencias de Servicios Sanitarios, Calificación de Establecimiento Industrial. El objetivo de dicho instructivo es disponer de un procedimiento común, para la determinación de la carga contaminante media diaria de los residuos líquidos generados por una actividad económica y definir, de acuerdo a las normas, si corresponde o no a residuos líquidos industriales que deban ser depurados y/o neutralizados por un sistema de tratamiento aprobado por la Ley 3133

Para fiscalizar el cumplimiento de todas estas normativas, diferentes organismos del estado realizan monitoreos periódicos en diferentes puntos de la región, por estaciones ya establecidas o por programas de vigilancia.

Es importante mencionar algunas definiciones contenidas en estas medidas, como por ejemplo:

Ril o riles: Residuos industriales líquidos descargados por un establecimiento industrial (D.S. Nº 609/98).

Contaminación: la presencia en el ambiente de sustancias, elementos energía o combinación de ellos, en concentraciones o concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente (Ley 19.300/1994)

Carga contaminante media diaria: Cuociente entre la masa o volumen de un parámetro y el número de días en que efectivamente se descargó el residuo industrial líquido al sistema de

alcantarillado, durante un mes de máxima producción. Se expresa en gramos/día (para sólidos suspendidos, aceites y grasas, aluminio, boro, hidrocarburos, DBO5, arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo total, cromo hexavalente, fósforo, manganeso, mercurio, níquel, nitrógeno amoniacal, plomo, sulfatos, sulfuro y zinc), en litros/día (para sólidos sedimentables). (D.S. Nº 609/1998). Esta definición es la misma, a la utilizada en D.S. Nº 90/2000.

Desecho Sólido Industrial: **Todo** desecho o residuo sólido o semisólido resultante de cualquier proceso u operación industrial que no vaya ha ser reutilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Se incluyen en esta definición los residuos o productos de descarte, sean éstos líquidos o gaseosos. El carácter de desecho sólido de los últimos lo aporta el contenedor o recipiente que los contiene (RES Nº 5081/1993).

Descarga de residuos líquidos: es la evacuación o vertimiento de residuos líquidos a un cuerpo de agua receptor, como resultado de un proceso, actividad o servicio de una fuente emisora (D.S. Nº 90/2000).

Sistema de tratamiento de aguas servidas, planta de tratamiento de aguas servidas: conjunto de operaciones y procesos secuenciales físicos, químicos, biológicos, o combinación de ellos, naturales o artificiales, posibles de controlar, que se desarrollan en instalaciones diseñadas y construidas de acuerdo a criterios técnicos específicos para este tipo de obras y cuyo propósito es reducir la carga contaminante de las aguas residuales para adecuarla a las exigencias de descarga al cuerpo receptor. Bajo este concepto se incluyen, entre otros, lagunas de estabilización, lodos activados, y emisarios submarinos aprobados por la autoridad competente (D.S. Nº609/98). Según D.S. Nº 351/92 define al sistema de tratamiento como un procedimiento de purificación y/o neutralización de los riles.

FUNDO LIGUAI

Tabla 1. Datos climáticos de la zona del Fundo Liguai

	Precipitaciones	Evapotranspiración	T° Promedio mensual	Déficit hídrico
	mm	Mm	℃	Mm
Enero	5,9	182	18.7	-180,1
Febrero	6,3	171,5	18	-168,9
Marzo	9,6	142,7	16.2	-136,1
Abril	22,6	103,5	13.8	-82,7
Mayo	77,9	64,2	11.4	0
Junio	92,5	35,5	9.6	0
Julio	77,4	25	9	0
Agosto	64,9	35,5	9.2	0
Septiembre	28	64,3	10.8	-37
Octubre	16,7	103,5	13.2	-88,7
Noviembre	10	142,8	15.8	-135,6
Diciembre	7,1	171,5	17.9	-168
Total	418,9	1242	13.6	-997,1

Fuente: Santibáñez y Uribe, 1990; CNR-CIREN, 1997.

Tabla 2. Dieta entregada en el feedlot perteneciente al Fundo Liguai, al momento del estudio.

Dieta	k.o. Dieta	k.o. Base MS	Proporción	MS (%)	E Met.	Kg. de PC
Maíz Roleado	2,0	1,746	7,96%	87,3%	5,40	0,196
Chala de Maíz (silo)	15,0	3,090	59,68%	20,6%	8,14	0,210
Capotillo de Haba + cernido de avena(silo)	3,0	1,332	11,94%	44,4%	1,28	0,073
Pelón de almendra	3,0	2,691	11,94%	89,7%	6,66	0,113
Melazán	0,5	0,377	1,99%	75,3%	0,96	0,049
Expeller de Soya	1,6	1,486	6,37%	92,9%	5,03	0,669
Sales minerales	0,030	0,029	0,12%	98,0%	0,00	0,000
Levaduras (*Saccharomices cerevisiae*)	0,005	0,005	0,02%	98,0%	0,00	0,000
TOTAL	25,135	10,756			27,47	1,310

Fuente: Propietario.

El costo de la dieta se esta alrededor de los $ 635 pesos por animal. El alimento es entregado entre 4 a 5 veces al día

FUNDO CALBÚ

Tabla 3: Datos climáticos de la zona del Fundo Calbú

	Precipitaciones	Evapotranspiración	Temperatura	Déficit hídrico
	Mm	Mm	°C	mm
Enero	6,3	174	18,6	-172,4
Febrero	6,7	164	18,0	-161,7
Marzo	10,3	136,7	16,4	-130
Abril	24,1	99,5	14,2	-77,5
Mayo	83,1	62,2	12,0	0
Junio	98,7	35	10,4	0
Julio	82,6	25	9,8	0
Agosto	69,2	35	10,0	0
Septiembre	29,9	62,3	11,4	-33,2
Octubre	17,9	99,5	13,6	-83,9
Noviembre	10,7	136,8	16,0	-129,5
Diciembre	7,6	164	17,9	-160,8
Total	447,1	1194	14	-949

Fuente: Santibáñez y Uribe, 1990.

Tabla 4: Dieta entregada en el feedlot perteneciente al Fundo Calbú, al momento del estudio.

Dieta	Kg. Dieta	Kg. Base MS	Proporción	MS (%)	E Met.	Kg. de PC
Ensilaje avena-ballica	14	2,66	27,07%	19,0%	6,916	0,34048
Maíz ensilaje	5	1,6	16,28%	32,0%	4,08	0,12
Guano pucalan	3,4	2,2916	23,32%	67,4%	5,042	0,5729
Harinilla/afrechillo	2	1,7	17,30%	85,0%	4,25	0,136
Argo fc (glutor)	3	1,5	15,26%	50,0%	4,53	0,369
PREMIX-engorda	0,08	0,076	0,00773	0,95	0	0
	27,48	**9,83**	**TOTALES**	**35,76%**	**24,82**	**1,54**

Fuente: Propietario

FUNDO SANTA MAGDALENA

Tabla 5. Datos climáticos de la zona del Fundo Santa Magdalena

	Precipitaciones	Evapotranspiración	Temperatura	Déficit hídrico
	Mm	Mm	º C	Mm
Enero	20,7	111	16,1	-90,3
Febrero	18	110	15,6	-92,0
Marzo	29,7	92	14,3	-62,3
Abril	64,2	61	12,4	0,0
Mayo	194,5	31	10,6	0,0
Junio	221	19	9,2	0,0
Julio	205,8	19	8,7	0,0
Agosto	162,7	27	9,0	0,0
Septiembre	79,8	38	10,1	0,0
Octubre	57,3	52	11,9	0,0
Noviembre	31,4	70	14,0	-38,6
Diciembre	21,7	96	15,6	-74,3
Total	1107	726	12,3	381,0

Fuente: Novoa y Villaseca, 1989; CNR-CIREN, 1997. Santibañez y Uribe, 1990.

Tabla 6. Dieta entregada en el feedlot perteneciente al Fundo Santa Magdalena, al momento del estudio.

DIETA	Kg. Dieta	Kg. bms	Proporción	MS	E Met.	PC
Triticale (Mezcla)	3,50	2,98	31,5%	85%	9,04	0,36
Heno Pradera	1,50	1,34	14,1%	89%	2,80	0,15
Ensilaje Maíz	11,60	3,50	37,1%	30%	9,18	0,23
Maíz Roleado	1,00	0,85	9,0%	85%	2,58	0,06
Urea	0,04	0,04	0,4%	96%	0,00	0,11
Expeller Soya	0,80	0,74	7,9%	93%	2,51	0,31
Total	18,44	9,45	Totales	51,22%	26,12	1,21

Fuente: Propietario.