

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGRONOMIA

**Estimación del costo de implementar Producción
Limpia en predios lecheros de alta producción de la
Décima y Decimocuarta regiones**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Agronomía

Cristóbal Esteban Leal Teuber

VALDIVIA - CHILE

2008

Profesor patrocinante

Laura Nalhuehual Muñoz

Ing. Agr., Ph. D.

Profesores informantes

Bernardo Carrillo López

Ing. Agr., M. Sc.

Juan Lerdon Ferrada

Ing. Agr., Ph. D.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora patrocinante, Sra. Laura Nahuelhual por su constante apoyo en la realización de esta tesis.

A mis profesores informantes, Sres. Bernardo Carrillo y Juan Lerdón, por su colaboración y buena disposición.

A mis padres, quienes me han incentivado y apoyado en todos los caminos de la vida.

A Lucia, quien siempre me dio confianza y fuerza para seguir adelante.

A toda mi familia y amigos, cuyos aportes fueron de gran ayuda en distintos momentos del trabajo.

*“A mi familia, amigos y todos
quienes hicieron posible este logro”*

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Producción Limpia (PL)	3
2.1.1	Definición de Producción Limpia	4
2.2	Producción Limpia en Chile	6
2.2.1	Política de Producción Limpia	6
2.2.2	Acuerdos de Producción Limpia (APL)	7
2.3	Producción Limpia en predios productores de leche	9
2.3.1	Variables de Producción Limpia en la producción de leche	9
2.3.1.1	Manejo de purines	10
2.3.1.2	Calidad de las fuentes de agua	11
2.3.1.3	Distribución de purines	14
2.3.1.4	Manejo de las aguas de desecho	16
2.3.1.5	Abastecimiento de agua en la sala de ordeña	18
2.3.2	APL para los productores de leche bovina	19
2.3.3	Normativa vigente relacionada	21
2.3.3.1	Normas de emisión Decreto Supremo (D.S.) 90 de 2000	22
2.3.3.2	Normas de emisión D.S. 46 de 2002	22
2.3.3.3	Normas de emisión D.S. 609 de 1998	22
2.3.3.4	Reglamento sanitario de los alimentos y D.S. N° 594	23
2.3.4	Normativa internacional	23
2.4	Rol del estado en la implementación de Producción Limpia	25
3	MATERIAL y MÉTODO	27
3.1	Descripción de la muestra	27
3.2	Estudio técnico	27

3.2.1	Selección de las variables de Producción Limpia a evaluar	28
3.2.1.1	Manejo del pozo purinero	28
3.2.1.2	Manejo de la distribución de efluentes	29
3.2.1.3	Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	30
3.2.1.4	Abastecimiento y calidad del agua potable	30
3.2.2	Ordenamiento de los individuos	30
3.2.3	Identificación de las opciones tecnológicas aplicables	31
3.2.3.1	Manejo del pozo purinero	32
3.2.3.2	Manejo de la distribución de efluentes	32
3.2.3.3	Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	32
3.2.3.4	Abastecimiento y calidad del agua potable	33
3.2.4	Identificación y aplicación a la muestra de parámetros técnicos	33
3.2.4.1	Cálculo de almacenamiento de purines	35
3.2.4.2	Cálculo de fecas, orina y aguas de lavado	35
3.2.4.3	Cálculo de aguas lluvia	36
3.2.5	Establecimiento de la situación inicial de los predios	38
3.2.6	Establecimiento de situación luego de aplicar Producción Limpia	38
3.3	Estudio económico	39
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
4.1	Estudio técnico	40
4.1.1	Selección de las variables de Producción Limpia a evaluar y ordenamiento de los individuos	40
4.1.2	Identificación de las opciones tecnológicas aplicables	42
4.1.3	Establecimiento de situación inicial en cuanto a las variables	47
4.1.3.1	Manejo del pozo purinero	47
4.1.3.2	Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	48
4.1.4	Establecimiento de situación luego de aplicar Producción Limpia	50
4.1.4.1	Primer escenario	50
4.1.4.2	Segundo escenario	52
4.2	Estudio económico	55
4.2.1	Inversión de la sub-muestra 1 en el primer escenario	55

4.2.2	Inversión de la sub-muestra 1 en el segundo escenario	56
4.2.3	Inversión de la sub-muestra 2 en el primer escenario	59
4.2.4	Inversión de la sub-muestra 2 en el segundo escenario	59
4.2.5.	Desglose de la inversión de la sub-muestra 1 en el primer escenario	61
4.2.6	Desglose de la inversión de la sub-muestra 1 en el segundo escenario	62
4.2.7	Desglose de la inversión de la sub-muestra 2 en el primer escenario	64
4.2.8	Desglose de la inversión de la sub-muestra 2 en el segundo escenario	65
4.2.9	Montos de inversión por vaca en ordeña	67
5	CONCLUSIONES	72
6	RESUMEN - SUMMARY	74
7	BIBLIOGRAFÍA	76
8	ANEXOS	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Caracterización de establecimiento emisor	12
2	Almacenamiento y períodos de aplicación de purines para las distintas regiones de Nueva Zelanda	16
3	Parámetros de aplicación de efluentes sobre praderas para distintos suelos de Nueva Zelanda	16
4	Acciones de la mesa de negociación para el APL de los productores de leche bovina.	21
5	Opciones tecnológicas evaluadas	32
6	Parámetros técnicos utilizados para dimensionar las necesidades tecnológicas de las sub-muestras	34
7	Grupos de inversión de la sub-muestra 1	40
8	Grupos de inversión de la sub-muestra 2	41
9	Caracterización de los grupos de la sub-muestra 1 de acuerdo a confinamiento y número de animales	41
10	Caracterización de los grupos de la sub-muestra 2 de acuerdo a confinamiento y número de animales	42
11	Aspectos en la construcción de pozo purinero de hormigón	43
12	Aspectos en la construcción de pozo purinero de PVC	44
13	Equipo de aspersión portátil de purines	45
14	Descripción pala para limpiar patio de alimentación	45
15	Galpón de estructura liviana	46
16	Clorador De Laval	47
17	Volumen de pozo a impermeabilizar	48
18	Disminución del porcentaje total de purines para la sub-muestra 1 al disminuir a la mitad las aguas de lavado y desviar	

	totalmente el agua de lluvia	49
19	Valores unitarios de las opciones tecnológicas	55
20	Montos de inversión para los grupos 1 al 7 de la sub-muestra 1	58
21	Montos de inversión para los grupos 8 al 13 de la submuestra1	58
22	Montos de inversión total para la sub-muestra 2	61
23	Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 1 en el primer escenario	68
24	Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 1 en el segundo escenario	69
25	Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 2 en el primer escenario	69
26	Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 2 en el segundo escenario	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de la legislación medioambiental que atañe a la agricultura en la Unión Europea	24
2	Capacidad de almacenamiento de purines inicial para la submuestra 1	47
3	Días de almacenamiento de efluentes disponible para la sub-muestra 1	48
4	rea total a techar según cantidad de animales para la sub-muestra 1	49
5	Capacidad de almacenamiento de efluentes disponible inicial y necesaria para 90 días sin techado para la sub-muestra 1	51
6	Capacidad equivalente y necesaria para almacenar los efluentes durante 90 días para la sub-muestra 2	52
7	Capacidad de almacenamiento disponible y necesaria, considerando reducción de efluentes para almacenar éstos durante 90 días para la sub-muestra 1	53
8	Capacidad equivalente y necesaria, considerando reducción de efluentes, para almacenar éstos durante 90 días para la sub-muestra 2	54
9	Inversión total para la sub-muestra 1 considerando las opciones hormigón y PVC	56
10	Inversión total para la sub-muestra 1 considerando pozos de hormigón, PVC y techado de patio y pozos purineros	57
11	Inversión total para la sub-muestra 2 considerando pozos de hormigón, PVC sin techado de patio y pozos purineros	59

12	Inversión total para la sub-muestra 2 considerando pozos de hormigón, PVC sin techado de patio y pozos purineros	60
13	Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de hormigón	61
14	Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de PVC	62
15	Desglose de la inversión para sub-muestra 1 para pozos de hormigón y techumbre	63
16	Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de PVC	63
17	Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de hormigón	64
18	Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de PVC	65
19	Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de hormigón y techumbres	66
20	Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de PVC y techumbres	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Cálculo del aporte de las precipitaciones para la sub-muestra 1	83
2	Construcción de pozo purinero de PVC	84
3	Pala mecánica de raspado para patios de alimentación.	84
4	Galpón de estructura liviana	85

1 INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial en todo ámbito productivo, es reducir la contaminación y el impacto negativo sobre los recursos naturales. Esto se ve ya reflejado en los precios pagados por países primer mundistas (europeos principalmente) por algunos productos, en cuya manufactura o producción se haya minimizado dicho impacto.

Desde otra perspectiva, el disminuir los contaminantes producidos, de la manera adecuada, puede llevar a una reducción en los costos de producción y procesamiento, lo que conllevaría una mayor eficiencia y rentabilidad.

La Producción Limpia es una estrategia de gestión empresarial voluntaria preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas desde la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad.

En el caso de la agricultura chilena existen sectores que han adoptado estrategias de Producción Limpia. Dentro de estos, destacan la industria vitivinícola y hortícola, las que ya cumplen en gran medida con los estándares internacionales en este ámbito. Pero existen otros sectores, como la producción de leche a nivel predial, que aún están en vías de implementarla.

En el contexto de la producción de leche a nivel predial, la Producción Limpia abarca cuatro amplios aspectos: manejo de los purines (efluentes), manejo de las aguas de desecho, remoción y almacenamiento de desechos sólidos y calidad de las fuentes de agua fresca.

En Chile, existen estudios que identifican los factores críticos de Producción Limpia en predios lecheros, tales como, la alta producción de purines, el escurrimiento de purines a corrientes superficiales, la percolación de purines a aguas subterráneas y el excesivo uso de agua en labores de limpieza.

Contrariamente no se dispone de estudios que dimensionen los requerimientos tecnológicos y los costos asociados a la implementación de Producción Limpia en predios productores de leche.

La presente investigación, pretende cuantificar el costo de aplicar Producción Limpia en 100 predios lecheros de las regiones de Los Ríos y Los Lagos, con énfasis en el manejo de efluentes de lechería. Para lo anterior se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Dimensionar los requerimientos tecnológicos y estimar los costos asociados a implementar Producción Limpia en base a la normativa actual chilena, o en su defecto a la normativa internacional, tomando como base una muestra de 100 predios lecheros de mediana y alta producción de las regiones de Los Ríos y de Los Lagos.

Objetivos específicos:

- Identificar las principales variables de Producción Limpia que influyen en el costo de inversión al implementar medidas de Producción Limpia.
- Realizar un estudio técnico que permita inferir la situación inicial de los predios en cuanto al cumplimiento de medidas de Producción Limpia y dimensionar los requerimientos tecnológicos necesarios para implementarlas.
- Calcular el costo asociado a implementar medidas de Producción Limpia en el escenario de la normativa chilena e internacional partiendo de la situación inicial de los predios evaluados.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Producción Limpia (PL)

A fines de la década de los 80, las agencias ambientales de los gobiernos de los Estados Unidos y Europa reconocieron que el marco tradicional de control de residuos industriales y de la contaminación, podría ser mejorado incentivando a las instalaciones industriales a ser más agresivas en la prevención de la contaminación, en lugar de tratarla después de ser producida (UNITED STATES OF AMERICA, CLEANER PRODUCTION INTERNATIONAL, 2006).

El Centro de la Industria y Medioambiente del Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP IE), ha estado en operación desde 1975 para promover una producción industrial más limpia y segura, así como patrones de consumo, coordinando acciones con todas las unidades de UNEP. UNEP IE ha formado alianzas con el comercio y la industria, el sector público, y con organizaciones no gubernamentales internacionales (WORLD BUSSINES COUNCIL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT, WBCSD, 1996).

Crecientemente, el programa de PL ha sido una de las mayores preocupaciones de UNEP desde su concepción. Firmemente apoyada por la Agenda 21, la PL ayuda a industrias y gobiernos a desarrollar su eje competitivo, tanto ecológica como económicamente (WBCSD, 1996).

Desde su concepción en 1989, el programa de la UNEP de PL ha jugado un rol catalítico en establecer una red internacional informal para la promoción de la PL (UNITED NATIONS OF ENVIROMENTAL PROTECTION, UNEP, 2006).

Las actividades individuales realizadas por los miembros de la red han contribuido a poner la PL en la agenda de gobiernos, organizaciones multilaterales, bancos de desarrollo, organizaciones industriales y varias organizaciones no gubernamentales (UNEP, 2006).

La declaración internacional en PL es un compromiso para la implementación y puesta en práctica de estrategias preventivas de PL. Su intención es generar nuevas iniciativas, inversiones y alianzas, y facilitar el movimiento hacia una era de PL. Los declarantes incluyen líderes de gobierno, industrias y ONG, a los que se les pide que voluntariamente aporten con sus experiencias sobre el éxito y las dificultades en la implementación de la declaración (WBCSD, 1996).

2.1.1 Definición de Producción Limpia. La PL es una estrategia de gestión empresarial preventiva aplicada a productos, procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas desde la fuente, reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Según UNEP (2006), PL es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada aplicada a procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia ecológica y reducir riesgos para los seres humanos y el medioambiente. Se puede aplicar a:

- Procesos de producción, conservando los materiales en estado natural lo más posible, y eliminando de la cadena los materiales tóxicos, al mismo tiempo que se reduce la cantidad de tóxicos de todas las emisiones y desechos.
- Productos, reduciendo el impacto negativo a lo largo del ciclo de un producto desde el material crudo o la extracción de éste, hasta su desecho.
- Servicios, incorporando preocupaciones ambientales en el diseño y la entrega de servicios (INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1997).

En Inglés "Cleaner production", se refiere a mejoras en un proceso productivo, para que el proceso ocupe menos energía, agua u otro insumo, o genere menos desperdicios medioambientalmente nocivos (INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1997).

La PL describe un enfoque preventivo al manejo medioambiental. Es un término muy amplio que cohesiona términos de distintos países o instituciones, como, "eco-efficiency" o eficiencia ecológica, "waste minimization" o minimización de desechos, "pollution prevention" o prevención de la polución y "green productivity" o productividad verde (INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1997).

Mundialmente las agencias gubernamentales están incentivando a los productores agrícolas para implementar voluntariamente prácticas de manejo e innovación en tecnología para reducir la liberación y transporte de sedimentos, nutrientes, pesticidas, sales y patógenos a las aguas superficiales y subterráneas (RAHELIZATOV, 2002).

Entre estas prácticas voluntarias, la PL es comprendida como una estrategia que atañe a la generación de contaminantes como también al uso eficiente de recursos en todas las etapas del proceso productivo (HICKS y DIETMAR, 2007).

Las estrategias voluntarias hacia una regulación ambiental han sido clasificadas en tres categorías amplias dependiendo del nivel de compromiso por parte de un gobierno de iniciarlas: programas voluntarios públicos diseñados por reguladores, acuerdos negociados entre una firma y un ente regulador, y compromisos unilaterales por una firma (KHANNA, 2001).

Los acuerdos voluntarios relacionan a agentes públicos y privados en un sector productivo específico y apuntan a crear los incentivos requeridos por las firmas e industrias privadas para cumplir con la regulación existente (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA, 2006). Como otros acuerdos negociados, no son legalmente obligatorios. Las firmas participantes deben preparar, en colaboración con agencias publicas, planes de control de la contaminación mientras que el gobierno se compromete a abstenerse de introducir nueva legislación, estándares o impuestos, lo anterior a menos que la acción voluntaria falle en lograr el objetivo medioambiental acordado (KHANNA, 2001).

En este contexto, el incentivo de las firmas para la autorregulación medioambiental puede provenir de las siguientes bases: anticiparse a políticas obligatorias, influenciar

políticas futuras, eficiencia de costos, asistencia técnica y/o subsidios financieros, y mejores relaciones con el estado y otras partes (KHANNA, 2001).

2.2 Producción Limpia en Chile

En Chile la PL ha sido definida como una estrategia de manejo preventivo aplicada a productos y procesos para minimizar emisiones y/o descargas de efluentes, reduciendo así los riesgos al medioambiente y a la salud humana mientras se aumenta la competitividad (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA, 2006).

La política de PL en Chile, abarca una serie de mecanismos que apuntan a una autorregulación por parte de las firmas. Ellos incluyen acuerdos publico-privados voluntarios, mejoramiento del marco legislativo, desarrollo de incentivos, transferencia y desarrollo de tecnología, inversiones en el capital humano, promoción de cooperación internacional técnica y financiera, y monitoreo de la legislación (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA, 2001).

2.2.1. Política de Producción Limpia. Desde 1997 a la fecha, se ha promovido e implementado en el país una Política de Fomento a la PL basada en la convergencia de visiones entre agentes públicos, especialmente reguladores, fiscalizadores y privados, incluyendo además al sector sindical, orientada a resolver los desafíos de la gestión ambiental que deben enfrentar las empresas, tanto en su relación con el medio ambiente en general, como con las condiciones sanitarias y de seguridad en los lugares de trabajo (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2001).

En 1998, se creó el Centro de Producción Más Limpia (CP+L) de la Corporación de Investigación Tecnológica (INTEC), instancia técnica encargada en ese entonces de sensibilizar y masificar la implementación de la PL en las empresas de bienes y servicios. La creación y desarrollo del CP+L, sumado a los incentivos de la política gubernamental para esta área, ha facilitado el desempeño ambiental de las empresas y el avance a mejores posiciones para crecer y competir en el ámbito nacional e internacional (CASTRO, 2006).

En junio de 2000 se creó el Comité Nacional de Fomento de la PL bajo la forma de un comité CORFO, definido como un espacio de diálogo y acción conjunta entre los sectores público y privado, con la misión de articular, perfeccionar y promover iniciativas que faciliten el desarrollo e impacto de la PL en el sector productivo chileno (CASTRO, 2006).

Al año siguiente, dicho Comité aprobó la Política Nacional de Fomento a la Producción Limpia y, meses más tarde, el Primer Congreso Nacional de Producción más Limpia culminó con la firma del Decreto Supremo N° 414, que establece un conjunto de iniciativas que validan y fortalecen la incorporación masiva de esta estrategia productiva a nivel nacional (CASTRO, 2006).

En julio de 2001 el Consejo Nacional de Producción Limpia, de participación pública y privada, aprobó la Política de Producción Limpia 2001-2005. Ésta política tenía por objetivo, generar y consolidar una masa de actores públicos y privados que produzcan en forma limpia y promuevan el uso de ésta estrategia, con el fin de minimizar la contaminación y aumentar la competitividad de las empresas (CHILE, COMISIÓN NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA, 2001).

Esta política de PL se basa en enfoques no mandatorios (por ejemplo acuerdos público privados, inversión en tecnología, incentivos monetarios y no monetarios), que pretenden inducir una autorregulación por parte de los adeptos, en cuanto a las materias de PL (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA, 2006).

En el año 2001 se constituye el primer Comité Regional de Producción Limpia en La Región de Los Lagos, hoy Consejo Regional de Producción Limpia (GALLARDO, 2006).

2.2.2 Acuerdos de Producción Limpia (APL). Un APL es un convenio celebrado entre un sector empresarial, una o varias empresas y el sector público, con el objetivo de aplicar la PL a través de metas y acciones específicas. Los APL abarcan aspectos ambientales, productivos, de condiciones sanitarias y de seguridad en los lugares de trabajo (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

La certificación de acuerdos es compatible con los sistemas de certificación de sistemas de gestión ambiental que estén siendo implementados por las empresas (ISO 14.001), constituyéndose en un instrumento complementario y que no significa para ellas costos sustantivos adicionales (CASTRO, 2006).

Por regla general, los APL surgen de una iniciativa específica, planteada ya sea por el sector público o el empresarial, lo que da inicio al proceso de negociación. En esta fase participan los órganos del Estado con competencias en materias de relevancia para el acuerdo propuesto y la asociación empresarial correspondiente, bajo la coordinación del Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL) (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Una vez convenido el texto del acuerdo, que expresa las motivaciones e intereses de las partes, éste se firma y las empresas se adhieren en el plazo que se haya establecido (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

La suscripción de un APL por parte de un sector productivo, incentiva a las empresas, no sólo al cumplimiento de las normas ambientales sino que a realizar mejoras que incluso van más allá de lo obligatorio. El sector respectivo busca en forma conjunta las soluciones más eficientes con el consiguiente ahorro en comparación a la búsqueda de soluciones individuales (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Hasta enero de 2003 se habían suscrito 10 APL, involucrando a un total de 1.200 empresas de los siguientes sectores: químico-envases, químico Residuos Industriales Líquidos (RILEs), construcción, productores de cerdos, celulosa, aserraderos, fundiciones, productores de salmones, productores de ostiones y productores de hortalizas (CASTRO, 2006).

Para el año 2007 en Chile se habían suscritos 35 APL que abarcan 27 sectores productivos y en los que han participado 2.500 empresas con 3.560 unidades productivas (CARO, 2007).

Según GALLARDO (2006), el proceso de elaboración, desarrollo y evaluación de los APL, consta de las siguientes etapas: evaluación del APL, diagnóstico sectorial y propuesta de APL, negociación, adhesión., implementación, auditorías internas y externas, evaluación final del cumplimiento y certificado de cumplimiento con una duración de tres años.

2.3 Producción Limpia en predios productores de leche

Como en otros países, en Chile existe una mezcla de protocolos y reglas obligatorias y voluntarias que proveen líneas de base traslapadas y algunas veces conflictivas para los productores de leche. Como resultado, el incentivo de los productores de cumplir con estándares ambientales y de innovación tecnológica, nace de una combinación de fuerzas reglamentarias y de tendencias de mercado (SEGERSON, 1999).

Como la literatura relacionada ha reconocido largamente, los instrumentos de políticas alternativos, como la PL, pueden tener efectos significativamente diferentes en la tasa y dirección del cambio tecnológico (DUPUY, 1997).

En la mayoría de los casos, los instrumentos basados en incentivos económicos han demostrado ser más eficientes, en promover la adopción de tecnología, que las políticas convencionales (KERR y NEWELL, 2003).

En el contexto de los predios productores de leche, la PL abarca cuatro amplios aspectos de manejo: manejo de los purines (extracción, almacenamiento y aplicación), manejo de las aguas de desecho (aguas de desecho de la sala de ordeña, e instalaciones sanitarias), remoción y almacenamiento de desechos sólidos, y calidad de las fuentes de agua fresca (CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2003).

2.3.1 Variables de Producción Limpia en la producción de leche. Existen muchas variables importantes al momento de considerar la adopción de una estrategia de gestión medioambiental preventiva como la PL. A continuación se desarrollan algunas de las más importantes desde el punto de vista del riesgo medioambiental que conllevan, como de la diferencia en eficiencia que pueden acarrear.

2.3.1.1 Manejo de purines. Según el Servicio Agrícola y Ganadero, la definición de purines (efluentes) 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 (CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO, SAG, 2006).

Según un estudio realizado por SALAZAR et al. (2003), en 55 predios lecheros de la décima región, existían principalmente dos tipos de estructuras de almacenamiento de efluentes de lechería. El 47% de los predios los almacenaba en estructuras de concreto y el 41% en pozos de tierra, mientras que el 12% utilizaba una combinación de ambos tipos, donde solo parte de su estructura era de concreto.

Según un estudio, referente a la impermeabilidad de las estructuras de almacenamiento de purines, realizado por la Agencia de Control de la contaminación del estado de Minnesota en Los Estados Unidos, los pozos no impermeabilizados superan con creces (187 mg/l) a la cifra límite de nitrógeno Kjeldahl permitida en las napas subterráneas circundantes (50 mg/l), mientras que los pozos impermeabilizados con concreto compactado están muy por debajo de dicho límite (0,69 mg/l) (UNITED STATES OF AMERICA, MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY, NZDEC, 2001).

La mayoría de los Consejos Regionales neocelandeses establecen que cualquier instalación de almacenamiento de efluentes este sellada, para que así los efluentes no se filtren y aumenten los niveles de nutrientes en las aguas subterráneas (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

También en Nueva Zelanda, algunos consejos regionales establecen un nivel mínimo de capacidad de almacenamiento (por ejemplo 2000 litros o 2 días de almacenamiento), además de que la infraestructura de almacenamiento debe ser dimensionada adecuadamente para asegurar que nunca se rebalse (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Lo anterior pretende evitar la situación donde los agricultores están forzados a vaciar las áreas de almacenamiento en la tierra que está saturada, generando riesgo de empozamiento o escurrimiento superficial (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Puede haber también, requerimientos de un plan de contingencia para que no haya descargas accidentales de efluentes y tampoco sea necesario el aplicar efluentes a suelos saturados (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

2.3.1.2 Calidad de las fuentes de agua. En el Cuadro 1, se aprecian los valores máximos permitidos para los distintos contaminantes presentes en efluentes que serán descargados en aguas superficiales o subterráneas.

En el Cuadro 1, se observa algunos indicadores con sus valores característicos establecidos como límite, según la SISS, como Nitrógeno Kjeldahl, DBO₅ y coliformes fecales, los cuales se podrían encontrar en los efluentes de lechería. Por lo anterior es que los predios productores de leche bovina en ciertos casos pueden ser considerados como establecimientos emisores de Residuos Industriales Líquidos (RILES) por parte de la SISS.

Los efluentes de lechería pueden ejercer presión al medioambiente si alcanzan aguas subterráneas o superficiales, ya que los nutrientes presentes en estos pueden estimular el crecimiento de algas en los cursos de agua y el amoniaco concentrado en los efluentes puede ser tóxico para la vida acuática (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Los nitratos y los patógenos fecales en el agua de bebida son considerados como un peligro para la salud (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

CUADRO 1 Caracterización de establecimiento emisor.

Contaminante	Valor característico	Carga contaminante media
pH	6 a 8	---
Temperatura	20 °C	---
Sólidos suspendidos totales	220 mg/l	3520 g/d
Sólidos sedimentables	6 ml/l 1h	---
Aceites y grasas	60 mg/l	960 g/d
Hidrocarburos fijos	10 mg/l	160 g/d
DBO ₅	250 mg O ₂ /l	4000 g/d
Arsénico	0,05 mg/l	0,8 g/d
Boro	0,75 mg/l	12,8 g/d
Hierro	1,0 mg/l	16 g/d
Nitrógeno total Kjeldahl	50 mg/l	800 g/d
Sulfato	300 mg/l	4800 g/d
Coliformes fecales o termófilas	10 ⁷ NMP/100ml	1,6x10 ¹² coli/d

FUENTE: CHILE, SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS, SISS, (2006).

Según GRUNDEY (1982) la DBO₅ o demanda biológica de oxígeno, es definida como la cantidad de materia orgánica más fácilmente degradable de un determinado material, y refleja el poder contaminante del mismo a desembocar en un cuerpo de agua. Cuanto mayor sea la necesidad de oxígeno, mayor es el poder contaminante.

La DBO₅ producida a medida de que los efluentes son degradados en un sistema acuático puede también degradar el valor del hábitat de dicho curso de agua (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

La DBO₅ de los purines, normalmente está entre 16.000 – 30.000 mg O₂/l, y el de las aguas de lavado de lecherías en niveles de 3.000 mg O₂/l mientras que el agua de un río, tiene una DBO₅ de 2 mg O₂/l (MERKEL, 1981).

En Nueva Zelanda, el descargar efluentes en cursos de agua sin autorización (consent) es ilegal. Si el efluente ingresa a un curso de agua, puede causar un riesgo a la salud. Más allá, los efluentes son tóxicos a muchos animales acuáticos y puede disminuir la capacidad de los cursos de agua para sustentar la vida. La aplicación directa de efluentes a aguas superficiales puede resultar en acciones legales por parte del Consejo Regional (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Se deben tomar medidas para asegurar el suministro de agua fresca, tanto de corrientes superficiales como subterráneas, contando con zonas buffer apropiadas y manejando tasas de aplicación de purines cuidadosamente (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Los suelos más prestos a lixiviar N, y también K y S a aguas subterráneas, son los de alta permeabilidad incluyendo turbas, arenas y suelos de ceniza. A continuación se presentan algunos puntos que deben tomarse en cuenta en cuanto a la lixiviación de nitratos:

- Para todos los cultivos, las pérdidas por lixiviación dependen de la tasa de aplicación relativa a los requerimientos de la planta y a las condiciones del suelo.
- Las pérdidas por lixiviación pueden ser grandes en suelos arados sometidos a aplicación de efluentes y luego dejados en barbecho por un periodo prolongado donde no hay consumo de nutrientes por parte de las plantas. Esto es particularmente un problema con barbechos de invierno donde las lluvias son altas.
- Las pérdidas por lixiviación son generalmente menores en praderas para corte de heno o ensilaje.
- Se produce una mayor pérdida por lixiviación en el cultivo de vegetales que en los sistemas pastoriles.

Algunos Consejos Regionales de Nueva Zelanda tienen límites para usar fertilizantes nitrogenados en suelos que están recibiendo aplicaciones de efluentes. Es considerado poco probable que se necesite N en suelos que están recibiendo efluentes (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

En Nueva Zelanda la aplicación de efluentes debe ser a tasas en las que puedan ser utilizados por las praderas o cultivos, generando la menor amenaza posible a aguas superficiales y subterráneas. Es por esto que las cargas de efluentes que son requeridas o recomendadas por parte de los Consejos Regionales fluctúan entre 150-200 Kg/N/há/año (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Aplicaciones en tasas mayores resultarán en mayores pérdidas por lixiviación y consecuentemente mayores concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

2.3.1.3 Distribución de purines. En un estudio realizado por SALAZAR et al. (2003) en la décima región de Chile, se apreció que en la mayoría de los predios encuestados se aplican efluentes todo el año, existiendo una mayor concentración de las aplicaciones entre abril y octubre. En este período se realiza la estabulación invernal de animales, se registra la mayor pluviometría y por ende se genera la mayor producción de efluentes. La gran amplitud en el período de aplicación es el resultado de la baja capacidad de almacenamiento de los efluentes, lo que obliga a aplicaciones diarias y semanales para evitar la saturación de los pozos.

Si la capacidad del suelo de absorber la carga hidráulica o de nitrógeno es excedida, puede haber percolación de nutrientes a aguas subterráneas o escurrimientos a aguas superficiales. El peso que acarrea el riesgo de contaminar las aguas subterráneas es recalcado por el hecho que la contaminación de aguas subterráneas es altamente irreversible (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

En la mayoría de las regiones de Nueva Zelanda, los efluentes no pueden ser distribuidos durante todo el año debido a restricciones climáticas (ejemplo, temporada de lluvias). Como referencia, en las regiones que presentan un promedio de 1.200 mm al año de precipitaciones, se requiere almacenar los purines por lo menos 2 meses (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

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 lixiviación a través del perfil del suelo (DUMONT, 2000). La época de aplicación de efluentes 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 (DUMONT, 2000).

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/há, con suelos húmedos (DUMONT, 2000).

En Nueva Zelanda, en una situación típica de pastoreo (no en sistemas intensivos como en patios de alimentación), para cumplir con el límite máximo establecido por los Consejos Regionales de 200 kg/há/año de N proveniente de efluentes de lechería, la superficie mínima para recibir los efluentes es de 4 há por cada 100 vacas (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

Otro aspecto importante a considerar es el efecto negativo de aplicaciones invernales debido al daño de la pradera y cultivos por la maquinaria utilizada, incrementando el riesgo de erosión y compactación de suelos (PRINS y SNIJDERS, 1987).

En el Cuadro 2 se aprecia como los distintos Consejos Regionales de Nueva Zelanda requieren distintas capacidades de almacenamiento, acordes a la situación local. Se debe hacer mención que la región de Waikato, es similar a la décima y decimocuarta regiones de Chile, en cuanto a la producción de leche y a nivel de precipitaciones.

La mayoría de los Consejos Regionales tienen restricciones en cuanto al empozamiento de efluentes durante la distribución. El empozamiento se hace posible si todo el efluente es aplicado al suelo al mismo tiempo o a una tasa muy alta. Se recomienda que los efluentes sean aplicados a las praderas de acuerdo con las directrices del Cuadro 3, y bajo los siguientes términos:

- Profundidad máxima de aplicación (mm)
- Tasa máxima de aplicación (mm/h)
- Intervalo mínimo de aplicación (días)

CUADRO 2 Almacenamiento y períodos de aplicación de purines para las distintas regiones de Nueva Zelanda.

Región	Mejor mes para las aplicaciones	Período de almacenamiento (meses)	Volumen de almacenamiento por 100 vacas (m ³)
Canterbury y North Otago	Septiembre – Abril	1	160
Northland, Auckland, Nelson y Malborough	Octubre – Abril	2	340
Waikato, Taranaki, Gisborne, Hawkes bay, Wellington, Tasmania, Southland y South Otago	Noviembre – Abril	3	500
Bay of Plenti, Manawatu, Wanganui y West Coast.	Cuando sea posible	4	690

FUENTE: NEW ZEALAND, NZDEC, (2006).

CUADRO 3 Parámetros de aplicación de efluentes sobre praderas para distintos suelos de Nueva Zelanda.

Tipo de suelo	Profundidad máxima (mm)	Tasa máxima de aplicación (mm/h)	Intervalo mínimo de aplicación (días)
Arena	15	15	5
Arena limosa	18	18	5
Limo arenoso	24	24	15
Limo	24	24	20
Limo arcilloso	18	18	20
Arcilla	18	18	20

FUENTE: NEW ZEALAND, NZDEC, (2006).

2.3.1.4 Manejo de las aguas de desecho. En el trabajo de SALAZAR et al. (2003), se estimó una producción media de agua sucia (agua de limpieza de pisos) (73%), agua de limpieza de equipo de ordeña (20%) y agua para aseo del estanque de almacenamiento de leche (7%) de 1798 m³/año, equivalente a un promedio diario de 36 litros/vaca (6 a 173 litros/vaca).

SALAZAR et al. (2003), determinaron también que el agua de lluvia, y las aguas sucias (principalmente del lavado de pisos) son los principales constituyentes en los efluentes

de lecherías del sur de Chile. Las fecas y orina solo representaban un 25% del volumen total de efluentes producidos, lo que concuerda con el trabajo de GIBSON (1995) en predios lecheros de Nueva Zelanda, quien observó que sólo un 10% de los efluentes era producto de fecas y orina y el resto de agua utilizada en la limpieza.

Para lecherías de Nueva Zelanda LONGHURST et al. (1999), señalan valores entre 40 y 136 litros/vaca/día.

En el Reino Unido el código de buenas prácticas agrícolas informa valores promedio de 18 a 35 litros/vaca/día.

Los resultados de SALAZAR et al. (2003), revelan también una gran contribución al total de aguas sucias, por parte de las aguas lluvias desde áreas no techadas, techos sin canalización y del agua lluvia que ingresa directamente al pozo purinero descubierto, lo que concuerda con antecedentes entregados por FULLHAGE (1997). Este fenómeno es de particular importancia en predios localizados en áreas de gran pluviometría y en instalaciones con sistemas de lavado de piso que utilizan un gran volumen de agua limpia.

Utilizando la información de una encuesta, SALAZAR et al. (2003), estimaron que a través de una reducción del ingreso de agua lluvia al pozo de almacenamiento, se podrían disminuir considerablemente los volúmenes de efluentes producidos y por lo tanto incrementar la capacidad de almacenamiento. Para reducir el ingreso de aguas lluvia hacia los pozos es necesario incrementar el área techada y canalizar aguas contaminadas y limpias en forma separada. Otra estrategia posible de implementar es la reducción de los volúmenes de agua utilizada para el aseo de patios y pisos.

De todo lo anterior se puede deducir que las variables pozo purinero y aguas de lavado están íntimamente relacionadas, ya que si se realiza un mal manejo de las aguas de lavado y limpieza, habrá una mayor cantidad de efluentes (potencialmente evitables) ingresando al pozo, por lo que se necesitará un pozo de mayor tamaño o la construcción de pozos nuevos.

Según BARRIENTOS (2005), durante el periodo 2003-2004 en un predio de la región de Los Ríos, de los 2.600.240 kg de agua utilizada en la lechería, se consumió un 52,3% para bebederos de animales, 10,8% en la limpieza de la sala de ordeña, 9,8% en el lavado de pezones, 9,8% de agua potable para el consumo humano (baños), 3,8% en el lavado de utensilios (botas, manos, carretillas, etc), 2,2% en el lavado del estanque de frío, 0,8% para la limpieza de corrales y 0,4% de agua para la preparación de la leche de terneros.

En el mismo estudio, de los 1.787.051 kg de purin diluido que se contabilizaron, solo un 21,6% correspondió a purin propiamente tal, un 20,2% a aguas de lavado y un 58,2% a agua lluvia. Así, si se evita que el agua lluvia entre en contacto con los purines, se lograría reducir radicalmente la cantidad de este residuo, disminuyendo por ende el costo que implica su manejo (disposición en pozo purinero, aplicación en pradera, etc).

En tanto, la toma de medidas orientadas a la utilización eficiente del agua, en las operaciones de limpieza de la sala de ordeña y corrales, además de disminuir aun mas la cantidad de purin y por consiguiente el costo de manejo de este, también disminuiría el costo de utilización de agua (BARRIENTOS, 2005).

2.3.1.5 Abastecimiento de agua en la sala de ordeña. El asegurar la potabilidad del agua disponible para el personal en las salas de ordeña es importante ya que algunas de las enfermedades que se pueden contraer vía efluentes de lechería son:

- Leptospirosis: los agricultores usualmente contraen la enfermedad de la orina de animales infectados con la bacteria *Leptospira*. El trabajar en los drenajes también puede exponer a los agricultores a organismos leptospirales, a través del contacto con suelo contaminado.
- *Campylobacter* e infecciones con *Salmonella*: los agricultores pueden contraer esta bacteria al comer alimentos contaminados o beber agua contaminada.

Todas estas enfermedades pueden ser prevenidas al tomar en consideración el no consumir agua sin clorar y proteger el agua de bebida de la contaminación con efluentes (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

2.3.2 APL para los productores de leche bovina. La participación del sector agropecuario en PL es la mayor entre todos los sectores que han suscrito APL, con un 45% de adhesión de los sectores, seguida por un rubro directamente relacionado, las industrias de alimentos, con un 29% (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2001).

Como lo hicieran anteriormente los productores de salmón y quesos y varios otros sectores económicos y rubros en todo el país, los productores lecheros de la Región de Los Ríos y de Los Lagos están avanzando para contar con un APL. En 2005, fue aprobada la propuesta presentada por las principales asociaciones gremiales de productores de la Décima Región al Fondo para la Promoción de APL (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA, INIA, 2005).

En 2006, se llevó a cabo la firma del convenio para desarrollar el diagnóstico y propuesta de APL para el sector de Productores de Leche Bovina de la Región de los Lagos, esto, por parte del Intendente de la Región de Los Lagos, el Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Producción Limpia, y seis asociaciones gremiales de productores agropecuarios de las Provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Las asociaciones gremiales firmantes de este convenio fueron la Sociedad Agrícola y Ganadera de Osorno A.G., (SAGO), Asociación Gremial de Productores de Leche de Osorno, Aproleche, Sociedad Agrícola y Ganadera de Valdivia F.G, Aproval, Federación de Asociaciones Gremiales de Agricultores Osorno (FEDAGRO) y Asociación Gremial de Agricultores de la Provincia de Llanquihue A.G, Agrollanquihue (CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Los productores han manifestado la posibilidad de que el APL se transforme en un "sello" diferenciador para sus predios, posicionándolos de mejor forma en el mercado nacional y global de la leche (CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA, 2006).

Según HOLLSTEIN (2007)¹, las acciones específicas acordadas por la mesa de negociación, sobre las que se negociará el APL para el sector de Productores de Leche Bovina de la Región de los Ríos y Los Lagos, son las siguientes:

- Manejo de purines.
- Manejo de estiércol y fracción sólida.
- Gestión de productos veterinarios.
- Gestión de productos desinfectantes e higienizantes utilizados en la limpieza de equipos de ordeña y estanque de leche.
- Higiene y seguridad laboral.
- Gestión de olores y vectores.
- Gestión de residuos líquidos y sólidos.
- Calidad de agua superficial.
- Energía.
- Gestión y capacitación en PL.

En el Cuadro 4 se detallan algunas de las acciones antes mencionadas.

¹ Hollstein, J. Director de Agrollanquihue. Comunicación personal, 2007.

CUADRO 4 Acciones de la mesa de negociación para el APL de los productores de leche bovina.

Acciones en PL	Detalles
Manejo de purines	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de purines - Reducción de volúmenes generados <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento - Uso y valoración agronómica - Separación fase sólida y líquida <ul style="list-style-type: none"> - Plan de aplicación
Manejo de estiércol y fracción sólida	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento - Uso y valoración agronómica - Plan de aplicación
Higiene y seguridad laboral	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de contingencias sanitarias y ambientales - Sistema de registros de mantención de equipos - Programa de vigilancia epidemiológica ocupacional (agroquímicos, enfermedades zoonóticas) - Plan de prevención de riesgos (Mutualidades) <ul style="list-style-type: none"> - Utilización de elementos de protección personal.(Capacitación del personal) - Disposición de aguas servidas domésticas <ul style="list-style-type: none"> - Higiene en el ordeño (Señalética) - Manejo de desinfectantes y detergentes - Manejo y almacenamiento de combustibles
Gestión de olores y vectores	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de prevención y control de olores - Plan de control de vectores
Calidad del agua superficial	<ul style="list-style-type: none"> -Contaminación de aguas superficiales

FUENTE: HOLLSTEIN (2007)¹.

2.3.3 Normativa vigente relacionada. A continuación se detalla la normativa chilena relacionada actualmente con la PL en predios productores de leche bovina.

Durante la última década han entrado en vigencia normas de emisión, que en el marco de lo dispuesto en la Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley 19.300 de 1994), permiten regular las descargas contaminantes provenientes de distintas fuentes (CHILE, MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA, 2005)

Un establecimiento emisor (Generador de residuos líquidos) es aquella actividad económica en que los niveles de contaminación o su carga media diaria, presente en

¹ Hollstein, J. Director de Agrollanquihue. Comunicación personal, 2007.

su agua residual, presenta niveles superiores a los equivalentes a las aguas servidas de una población de 100 personas, en uno o más de los parámetros señalados en el Cuadro 1 (CHILE, SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS, SISS, 2006).

2.3.3.1 Normas de emisión Decreto Supremo (D.S.) 90 de 2000. En el año 2000, se dictó el D.S. N°90, “Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a descargas de residuos a aguas marinas y continentales superficiales”, el cual regula: las descargas líquidas a cursos superficiales, quebradas, lagos y medio marino, y establece límites de concentración máximo de parámetros contaminantes dependiendo del cuerpo receptor del Establecimiento Emisor (HENRIQUEZ, 2006).

El D.S. N°90, tiene como objetivo la protección ambiental de estas aguas y establece la concentración máxima de contaminantes permitidos (CHILE, MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA, 2001).

2.3.3.2 Normas de emisión D.S. 46 de 2002. El año 2002, se dictó el D.S. N°46, “Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas” que regula: las descargas líquidas a aguas subterráneas, mediante obras de infiltración, y establece límites de concentración máximo de parámetros contaminantes dependiendo de la vulnerabilidad del acuífero receptor del establecimiento emisor (HENRÍQUEZ, 2006).

El D.S. N°46, pretende prevenir la contaminación de este recurso mediante el control de los residuos industriales líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero (CHILE, COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, 2002).

2.3.3.3 Normas de emisión D.S. 609 de 1998. El año 1998, se dictó el D.S. N°609, “Norma de emisión de residuos líquidos al alcantarillado” la cual regula: las descargas líquidas a sistemas de alcantarillado público, y establece límites de concentración máximos de parámetros contaminantes del “Establecimiento emisor”, dependiendo de la existencia o no de una planta de tratamientos de aguas servidas al cual tributa el sistema de alcantarillado (HENRIQUEZ, 2006).

2.3.3.4 Reglamento sanitario de los Alimentos y D.S. N° 594. Ambos del Ministerio de Salud, indican que en los establecimientos donde se elaboren alimentos y en los lugares de trabajo (DS 594 sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo) se debe contar con un adecuado abastecimiento de agua potable (CHILE, INSTITUTO DE NORMALIZACION PREVISIONAL, 1999).

El Artículo 11 indica que todo lugar de trabajo debe contar, individual o colectivamente, con agua potable destinada al consumo humano y necesidades básicas de higiene y aseo personal. Las instalaciones, artefactos, canalizaciones y dispositivos complementarios de los servicios de agua potable deberán cumplir con las disposiciones legales vigentes sobre la materia (CHILE, INSTITUTO DE NORMALIZACION PREVISIONAL, 1999).

2.3.4 Normativa internacional. La Figura 1 esquematiza la normativa medioambiental que concierne a la actividad agrícola y es común para todos los países integrantes de la Unión Europea (UE), principal exportador de productos lácteos del mundo (OENEMA, 2007).

La normativa europea en cuanto a la protección del medioambiente no solo se refiere a la contaminación de las aguas con nitratos, que es el tipo de contaminación que repercute y se hace notar mas rápido en el medioambiente, sino también es estricta en cuanto a la contaminación del aire debido, a que en Europa el 68% de los gases invernadero provienen de la actividad agrícola (JARVIS, 2007).

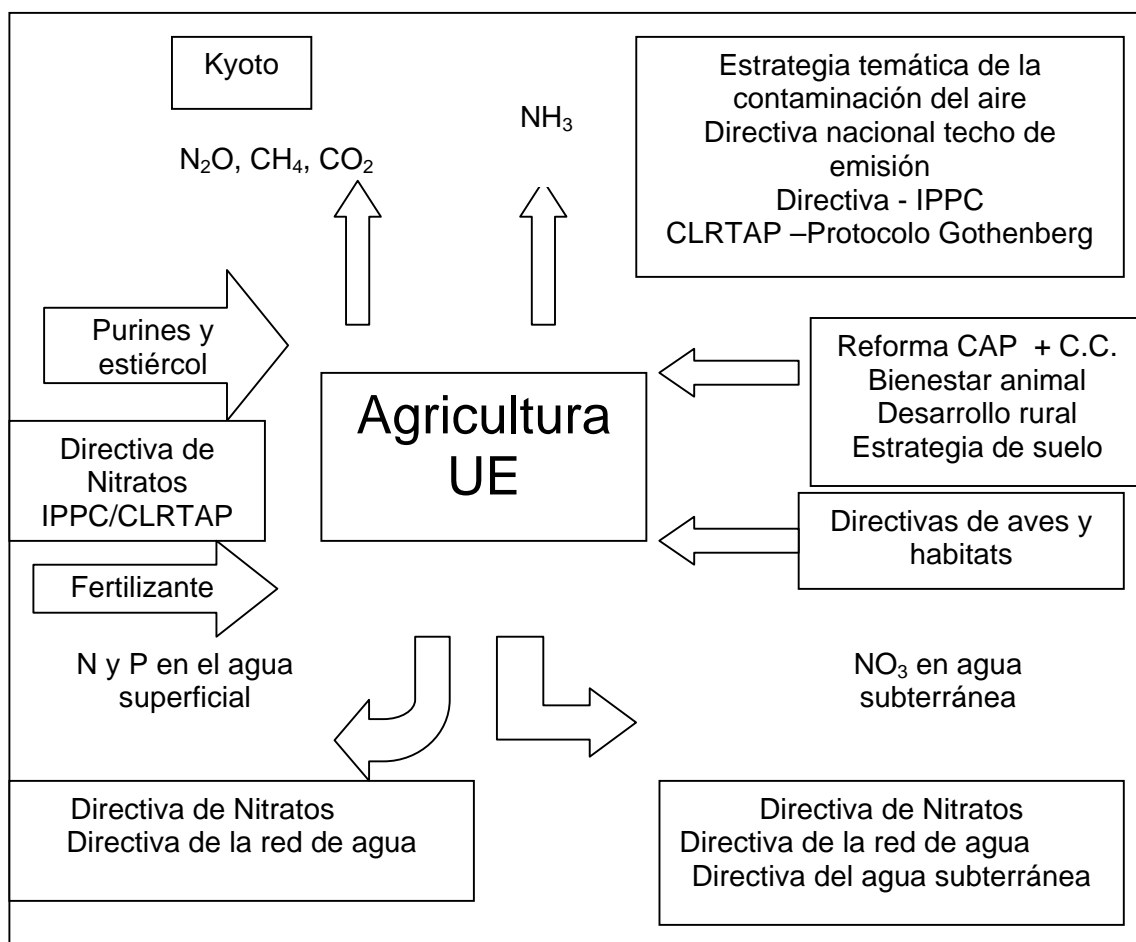


FIGURA 1 Esquema de la legislación medioambiental que atañe a la agricultura en la Unión Europea.

FUENTE: OENEMA (2007).

Individualmente, los países de la UE como Inglaterra, cuentan con una normativa aplicable a predios productores de leche notablemente más estricta que la chilena. El Departamento de Asuntos Rurales (DEFRA) cuenta con normativa específica para prevenir la contaminación no solo del agua sino también del aire y del suelo (UNITED KINGDOM, DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, DEFRA, 1998).

Como se aprecia en la Figura 1, una de las normas de la UE más atinente al rubro productor de leche, es la Directiva de Nitratos 91/676/CE, cuyo objetivo es “reducir la contaminación de aguas subterráneas y la eutroficación de las aguas superficiales

causadas o inducidas por los nitratos de fuentes agrícolas, y reducir en el futuro dicha contaminación”.

Para esto, todos los estados miembros de la UE deberán, a partir de la adopción de esta Directiva tomar las siguientes medidas generales (OENEMA, 2007):

- Establecer un código de Buenas Prácticas Agrícolas.
- Designar zonas vulnerables de lixiviación (ZVN).
- Establecer acciones y programas de monitoreo

Según OENEMA (2007), las principales medidas específicas a implementar por parte de los firmantes en cuanto a ésta directiva son: aplicaciones de N balanceadas, tasas limitadas de aplicación de N proveniente de purines y estiércoles (170 kg/há), no realizar aplicaciones de purines y estiércoles en invierno, durante períodos húmedos, y en suelos con lomaje, almacenamiento de estiércol y purines con el riesgo mínimo de infiltración y escurrimiento superficial, utilización de técnicas apropiadas de aplicación de estiércoles, purines y fertilizantes minerales, implementación de cultivos invernales y utilización de franjas buffer cerca de cursos de agua.

En Nueva Zelanda, por otro lado, los consejos regionales entregan a sus productores manuales con la normativa para el manejo de desechos de las lecherías, los que además aportan al productor información sobre el diseño, construcción, mantención y manejo de los pozos purineros y estructuras de almacenamiento de desechos de lechería, entre otros temas atinentes. Es importante tomar en cuenta lo valioso del hecho de que en Nueva Zelanda cada región tiene exigencias propias, las que se basan en las condiciones locales, por ejemplo, en cuanto a suelo y precipitaciones (NEW ZEALAND, NZDEC, 2006).

2.4 Rol del estado en la implementación de Producción Limpia

Existen instrumentos de fomento de los APL, los que consisten en un aporte no reembolsable de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), que cubre parte del costo de una consultoría especializada, contratada por las empresas, para

incorporar en ellas sistemas de gestión con sistemas evaluables o certificables (CHILE, CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION, CORFO, 2006).

El desarrollo desde el estado de programas que cubran la necesidad de prácticas asociadas al manejo de purines y a la aplicación de las BPA y PL, ya está disponible, tanto para los pequeños productores como para los de mayor tamaño, a través de financiamiento por instituciones como INDAP y CORFO, con los subsidios PDI (Proyecto de Desarrollo de Inversiones) de INDAP y FOCAL (Fomento de la Calidad) de CORFO (CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO, SAG, 2005).

El valor de los subsidios por asistencia técnica es institucional y corresponde para INDAP 15 UF y para CORFO 71,5 UF por explotación (que corresponde al 50% del valor total del “Instrumento de Fomento a la Calidad – Buenas Prácticas Lecheras” desagregado en 7,5 UF en evaluación inicial, más 57,5 en la implementación y finalmente 6,5 UF en el proceso de verificación). No se consideró el costo de la certificación en estos casos. En tanto el valor del subsidio FDI (Fondo Desarrollo de Inversiones) es de 100 UF para la Institución de INDAP, y en el caso de CORFO no existe este tipo de subsidio (CHILE, SAG, 2005).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Descripción de la muestra

En la presente investigación se utilizó una muestra de 100 predios lecheros ubicados en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos, con un volumen de leche anual por predio entregado a la industria superior, en la mayoría de los casos, a 1.000.000 de litros, es decir, predios de alta producción (> 1 millón de litros/año) de acuerdo a la estratificación propuesta por SMITH et al. (2002).

3.2 Estudio técnico

El estudio técnico permitió recabar información útil para identificar las variables de PL que representaban la mayor inversión, identificar las distintas opciones tecnológicas disponibles en el mercado para dar cumplimiento a dichas variables, y para dimensionar a partir de esta línea de base, los requerimientos tecnológicos necesarios para ese cumplimiento (equipamiento, infraestructura). Igualmente, el estudio técnico se utilizó para identificar distintos grupos de predios, tomando en cuenta su nivel de cumplimiento en cuanto a las variables de PL seleccionadas.

Para lo anterior se recolectó información secundaria y primaria. Entre el primer tipo, se usó la información generada por CARRILLO (2006) para la misma muestra de predios de este estudio. Esta autora aplicó una pauta de evaluación de 138 preguntas, que consideraba distintas variables relacionadas con PL en predios productores de leche, y que estaban contenidas en la normativa chilena e internacional. Dicho estudio tuvo por objetivo identificar el grado de cumplimiento de los predios en cuanto a PL. Igualmente, se recogió información bibliográfica nacional e internacional especializada en manejo de efluentes y PL. La información secundaria fue complementada con información primaria obtenida a partir de una muestra de expertos, visitas en terreno y lo expuesto en seminarios y presentaciones dictadas por expertos en materias ambientales y de PL.

Se utilizó la metodología de muestra de expertos, propuesta por HERNANDEZ (1991), para obtener la opinión de sujetos expertos en materias relacionadas con PL, debido a

lo inexplorado del tema, y a la escasa bibliografía disponible. Se efectuaron entrevistas telefónicas y en persona con 4 informantes claves y 4 representantes de empresas relacionadas con el tema. Específicamente, se entrevistó a los señores: Bernardo Carrillo, Francisco Salazar, Marcelo Teuber y Fernando Willer; y a representantes de las empresas: Agroettinger Ltda., Constructora de los Ríos Ltda., Formac S.A y Maestranza Mayov.

En base a lo anterior, se llevó a cabo el dimensionamiento de los requerimientos tecnológicos, a través de la cuidadosa selección de parámetros, todos los cuales se relacionaron con el promedio de vacas en ordeña de cada predio.

Con el fin de validar algunos de los parámetros seleccionados, se realizaron visitas en terreno y comunicaciones personales, con el 10% de los predios que no realizaban confinamiento, y el 25% de los predios que realizaban confinamiento invernal. Lo anterior para recabar información sobre los parámetros utilizados.

3.2.1 Selección de las variables de Producción Limpia a evaluar. Las variables seleccionadas fueron evaluadas como algunas de las más conflictivas por CARRILLO (2006), y por la muestra de expertos. El ordenamiento de la muestra, por otro lado, se realizó de acuerdo al grado de cumplimiento o incumplimiento de las variables seleccionadas.

También se consideró como criterio para la selección de las variables, la minimización de residuos, ya que el uso eficiente de recursos en todas las etapas del proceso productivo y el aumento de la competitividad, son factores importantes en la implementación de la PL (SALAZAR, 2007). A continuación se presentan las variables y su respectiva codificación:

3.2.1.1 Manejo del pozo purinero. En cuanto al manejo del pozo purinero se evaluaron los siguientes ítems:

a) Presencia de pozo purinero (PP), donde almacenar los efluentes producidos en la sala de ordeña y el lugar de confinamiento, minimizando el riesgo de escurrimiento a corrientes superficiales.

Al respecto, SAG (2006), recomienda que es necesario contar con un sistema de almacenamiento del purín previo a su distribución en el suelo. Para estos efectos se utilizan, entre otros sistemas, los pozos purineros, que son estructuras en las que se almacena en forma transitoria el purín.

b) Impermeabilidad del pozo (PI), evitando que los contaminantes lixivien a aguas subterráneas. La norma que regula las descargas de residuos líquidos a aguas subterráneas corresponde al D.S. N° 46/02, que entró en vigencia el 17 de febrero de 2006 (CHILE, SAG, 2006).

SALAZAR et al. (2003), señalan que los pozos de tierra son ampliamente utilizados debido a su bajo costo y facilidad para modificar. Sin embargo, su uso ha sido criticado desde un punto de vista ambiental debido a su alto potencial de contaminación de aguas subterráneas a través de la lixiviación de nitratos.

c) Tamaño adecuado de pozo purinero (TA), que permita almacenar los efluentes durante el período donde es más peligroso distribuirlos en las praderas o cultivos (definido en el presente trabajo como período crítico), que corresponde a los 90 días del período invernal.

Se debe realizar la aplicación de purines cuando las condiciones del suelo y climáticas lo permitan, no aplicando en épocas de lluvia intensa o cuando existan riesgos de saturación del suelo (CHILE, SAG, 2006).

SALAZAR et al. (2003) señalaron que en su estudio fue posible determinar una capacidad promedio de almacenamiento de sólo el 16% (1% a 57%) de los efluentes producidos anualmente.

3.2.1.2 Manejo de la distribución de efluentes. En cuanto a la distribución de efluentes se evaluó el siguiente ítem:

a) Maquinaria necesaria (MN), para realizar dicho manejo en caso de no contar con ella. SAG (2006) acota que se debe utilizar un sistema y tasa de aplicación de purines que permita su distribución en el suelo en forma homogénea.

3.2.1.3 Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia. En cuanto a las aguas de lavado y aguas lluvias se evaluaron los siguientes ítems:

a) Disminución de las aguas de lavado (AL), en un 50%, para disminuir la producción de efluentes y por tanto el volumen de pozo, ya que SALAZAR et al. (2003), determinaron que el agua lluvia, y las aguas sucias (principalmente del lavado de pisos) son los principales constituyentes en los efluentes de lecherías del sur de Chile.

b) Techado de las estructuras (TE), expuestas a precipitaciones para evitar que éstas ingresen al pozo purinero. Dado que SAG (2006), recomienda la construcción de sistemas de intercepción, conducción y evacuación de aguas lluvias que impidan su escurrimiento hacia los corrales, salas de ordeña e instalaciones de acumulación de purines.

Además SALAZAR et al. (2003), establecieron que el agua limpia, principalmente a través del agua lluvia, es el principal constituyente de los efluentes de lechería en el sur de Chile, lo que permite explicar los grandes volúmenes producidos y bajos valores de materia seca obtenidos.

3.2.1.4 Abastecimiento y calidad del agua potable. En cuanto al abastecimiento y calidad del agua potable en la sala de ordeña se evaluó el siguiente ítem:

a) Agua potable (AP), para los trabajadores en la sala de ordeña, esto se debe al Decreto Supremo N° 594, del Ministerio de Salud, el cual indica que en todo lugar de trabajo se debe tener una buena disponibilidad de agua potable evitándose la contaminación de ésta y cumpliendo con la normativa vigente (CHILE, INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN PREVISIONAL, 1999).

3.2.2 Ordenamiento de los individuos. Los predios se organizaron en grupos según la codificación detallada en el punto 3.2.1 y de acuerdo al tipo de confinamiento practicado (todo el año, invernal, nocturno y sin confinamiento). La importancia del confinamiento radica en que a mayor período de confinamiento, mayor cantidad de efluentes.

Se dividió a los predios en 2 sub-muestras, según cumplimiento o incumplimiento de las variables de PL aludidas anteriormente, (hay que destacar que no se realizó un submuestreo aleatorio, sino uno por conveniencia de acuerdo a las características de cada subgrupo), la sub-muestra 1, constituida por 13 grupos de predios, y la sub-muestra 2, constituidas por 4 grupos de predios. Como se dijo, ambas muestras fueron organizadas según promedio de vacas en ordeña y prácticas de confinamiento.

La sub-muestra 1, se caracterizó por presentar al menos pozo purinero (algunos impermeabilizados) y maquinaria necesaria para la distribución de purines, a diferencia de la sub-muestra 2, cuyos grupos no contaban con pozo purinero o maquinaria necesaria para la distribución de purines.

3.2.3 Identificación de las opciones tecnológicas aplicables. A través de las comunicaciones personales con la muestra de expertos, a las visitas en terreno y a lo dicho en seminarios y presentaciones de expertos en materias ambientales y de PL, se identificaron las distintas opciones tecnológicas disponibles en el mercado que permitirían llevar a cabo las correcciones derivadas de la PL (Cuadro 5).

CUADRO 5 Opciones tecnológicas evaluadas.

Variables de PL	Opciones
Manejo del pozo purinero	Pozo hormigón armado H25
Manejo del pozo purinero	Pozo polietileno alta densidad 2mm
Manejo de la distribución de efluentes	Carro purinero Mayov 8.000L
Manejo de la distribución de efluentes	Equipo de aspersion portátil
Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	Techumbre madera/zinc
Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	Techumbre metal/zinc
Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia	Pala para limpieza de patio
Abastecimiento y calidad del agua potable	Clorador

3.2.3.1 Manejo del pozo purinero. Se consideraron las opciones tecnológicas hormigón armado y polietileno de alta densidad (PVC), tanto para la construcción de pozos purineros, como para la impermeabilización en caso de que existan pozos de tierra no impermeabilizados.

a) Hormigón armado H-25. Según lo indicado por DUMONT (1998), para la construcción de pozos purineros, el hormigón debe ser absolutamente impermeable y la armadura de acero debe estar cubierta por una capa protectora de hormigón lo suficientemente gruesa para proteger los fierros de la alta capacidad de corrosión de los purines; esto significa una cobertura de 4-5 cm.

b) Polietileno de alta densidad 2 mm. Las membranas de revestimientos de PVC son construidas en monogramas de una sola capa utilizando cloruro de polivinilo calandrado como polímero principal. Son delicadas al impacto físico, por lo que se debe tener cuidado en no perforar el revestimiento durante la instalación y el uso, debiendo utilizar procedimientos de mantención adecuados (CHILE, INIA, 2005).

3.2.3.2 Manejo de la distribución de efluentes. Se consideró, para aquellos grupos que no contaban con sistema de distribución de efluentes, las siguientes opciones tecnológicas.

a) Carro purinero. Las ventajas que entrega este tipo de aplicación de purines son, la flexibilidad del momento de aplicación, ya que no requiere armado de tuberías o estructuras especiales, y las derivas de la aspersión del purín son menores, por lo que es menos probable que se contaminen otros sectores por efecto del viento (CHILE, INIA, 1999).

b) Equipo de aspersión portátil. Una aplicación uniforme de los purines, permitir una aplicación de purines en suelos reblandecidos por excesos de agua (condición muy favorable en el sur de Chile) y el hecho de que parte del equipo utilizado puede ser compatible con las faenas de riego, son algunas de las características favorables de la aspersión.

3.2.3.3 Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia. SALAZAR et al. (2003), determinaron que el agua de lluvia, y las aguas sucias (principalmente del lavado de pisos) son los principales constituyentes en los efluentes de lecherías del sur de Chile, y que las fecas y orina sólo representan un 25% del volumen total de efluentes producidos. Se consideraron las siguientes opciones tecnológicas.

a) Pala para limpieza de patio. SALAZAR et al. (2003), identificaron tres fuentes principales de generación de aguas sucias: agua de limpieza de pisos (73%), agua de limpieza de equipo de ordeña (20%) y agua para el aseo del estanque de almacenamiento de leche (7%), por lo que el reducir el uso de agua limpia en las labores de limpieza, ayudaría en gran medida a disminuir los efluentes totales.

SALAZAR (2007), puntualizó que, “de acuerdo a los antecedentes recogidos como parte de los trabajos de investigación en purines de predios lecheros, más del 50% del volumen de los efluentes líquidos generados corresponden a agua de lluvia y otro 25% proviene de aguas sucias derivadas del lavado de equipos de ordeña y patios, lo que obliga a los productores a incurrir en gastos innecesarios a la hora de construir estanques de almacenamiento (pozos purineros) y aplicar sus purines en praderas y cultivos en épocas inadecuadas”.

b) Techado de la estructuras. Los resultados del estudio de SALAZAR et al. (2003) revelan una gran contribución de aguas lluvia desde áreas no techadas, techos sin canalización y del agua de lluvia que ingresa directamente al pozo purinero descubierto, lo que concuerda con antecedentes entregados por FULLHAGE (1997).

SALAZAR (2007), afirmó que una de las medidas más importantes para manejar los residuos derivados de la actividad ganadera es evitar la entrada directa e indirecta de agua lluvia al pozo purinero.

3.2.3.4 Abastecimiento y calidad del agua potable. Según el Reglamento Sanitario de los Alimentos, los establecimientos de alimentos deberán contar con abastecimiento de agua potable, en cantidad, presión y un adecuado sistema de distribución suficientes para sus necesidades (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 2005). Debido a lo anterior, se consideró, la instalación de cloradores para abastecer de agua potable la sala de ordeña.

3.2.4 Identificación y aplicación a la muestra de parámetros técnicos. A partir de la revisión de literatura y comunicaciones con expertos, se seleccionó un conjunto de parámetros técnicos para poder dimensionar las necesidades tecnológicas de las submuestras en cuanto a la PL (Cuadro 6).

Dichos parámetros se utilizaron para inferir la situación inicial de los individuos en cuanto a las variables de PL, estimando su producción de efluentes y desechos, para luego dimensionar los requerimientos en un escenario de cumplimiento. Dichos parámetros y las fuentes de información utilizadas se detallan en el Cuadro 6.

Para estimar la producción de purines (efluentes) se calculó, la producción de aguas sucias (lavado de patios de espera, salas de ordeña, etc.), la producción de fecas y orina (tomando en cuenta el período de confinamiento) y el agua de lluvia que ingresaba a las estructuras de almacenamiento debido a la ausencia de techumbres.

CUADRO 6 Parámetros técnicos utilizados para dimensionar las necesidades tecnológicas de las sub-muestras.

Parámetros	Rango	Promedio	Fuente
Litros de aguas de lavado	6 - 173 l/vaca/día	36 l/vaca/día	SALAZAR et al. (2003)
Capacidad de almacenamiento confinamiento todo el año y nocturno	0,3 - 24, 1 m ³ /vaca	5,7 m ³ /vaca	SALAZAR et al. (2003)
Capacidad de almacenamiento confinamiento invernal		3,49 m ³ /vaca	VISITA A TERRENO *
Capacidad de almacenamiento sin confinamiento		2,47 m ³ /vaca	VISITA A TERRENO *
Fecas y orina	40 – 60 l/vaca/día	50 l/vaca/día	DEFRA (1998)
Confinamiento todo el día		50 l/vaca/día	
Confinamiento invernal		50 l/vaca/día	
Confinamiento nocturno		29 l/vaca/día	
Sin confinamiento		8,33 l/vaca/día	
Superficie patio de espera	1,4 – 1,5 m ² /vaca	1,35 m ² /vaca	SALAZAR et al. (2003)
Precipitaciones	1.183–2.232 mm/año	1.570 mm/año	INE (2004)
Profundidad pozo purinero	2 - 4 m	3 m	NZDEC (2006).

* Incluye visitas a terreno y comunicaciones personales, al 10% de los predios sin confinamiento y al 25% de los predios con confinamiento invernal.

3.2.4.1 Cálculo de almacenamiento de purines. Para los grupos con confinamiento todo el año y nocturno el cálculo de la capacidad disponible de almacenamiento de purines se realizó multiplicando $5,7 \text{ m}^3$ por vaca de capacidad de almacenamiento disponible (Cuadro 6), por el promedio de vacas en ordeña de cada grupo, lo que dio como resultado la capacidad de almacenamiento disponible inicial de cada grupo. Ésta capacidad se asumió debido a que ninguno de los individuos que realizaba confinamiento nocturno o todo el año vertía purines a cuerpos de agua.

Para los grupos que no realizaban confinamiento y para los que realizaban confinamiento invernal, no se utilizó la capacidad de almacenamiento de purines inicial de $5,7 \text{ m}^3$ por vaca, debido a que el 78% de los individuos que vertían purines a cuerpos de agua superficiales no realizaba confinamiento y el 22% realizaba confinamiento invernal.

Se efectuaron comunicaciones personales y visitas en terreno, al 10% de los predios que no presentaban prácticas de confinamiento y, al 25% de los predios que realizaban confinamiento invernal, lográndose establecer que en promedio, la capacidad de almacenamiento inicial disponible era de $2,47 \text{ m}^3$ por vaca en ordeña para los predios sin confinamiento y, $3,49 \text{ m}^3$ por vaca en ordeña para los predios con confinamiento invernal, valores que fueron utilizados para realizar los cálculos correspondientes (Cuadro 6).

3.2.3.2 Cálculo de fecas, orina y aguas de lavado. Los parámetros fecas, orina y aguas de lavado del Cuadro 6, se utilizaron como base para el cálculo de los efluentes producidos.

Para obtener los valores de producción de fecas y orina para las distintas prácticas de confinamiento (nocturno, invernal, todo el año y sin confinamiento), se multiplicaron las horas del día que permanecerían los animales en la sala de ordeña (considerando dos horas promedio por ordeña y dos ordeñas diarias), patios de espera y en confinamiento, por el valor de producción diaria de purines de una vaca lechera promedio (Cuadro 6).

Se puede apreciar en el Cuadro 6, que en confinamiento invernal se genera la misma cantidad de fecas y orina que en la estabulación todo el año. Esto se debe a que se consideraron para el cálculo, los efluentes producidos en el período de confinamiento durante el invierno (tres meses), lo que fue definido como el período crítico durante el que se deben almacenar los purines sin distribuirlos para minimizar el riesgo ambiental (SALAZAR et al., 2003).

A continuación y en base al volumen de efluentes producidos por vaca, se estimó la cantidad de purines que producían la totalidad de los animales de cada grupo durante los 90 días de período crítico.

La diferencia entre el volumen producido en los 90 días y la capacidad de almacenamiento disponible, dio como resultado el volumen necesario de pozo purinero para almacenar los efluentes durante el período crítico.

Se tomó como supuesto que todos los purines producidos durante el confinamiento se sumaban a los de la sala de ordeña y patios de espera, los que luego convergían en los pozos purineros.

3.2.4.3 Cálculo de aguas lluvia. Se debe señalar que el aporte del agua de lluvia cayendo directamente en el pozo y en áreas de concreto no techadas (patios de espera) también fue considerado en los cálculos de carga del pozo, debido a que la muestra se emplaza en áreas de alta pluviometría.

Este aporte fue estimado usando información del agua caída, de la evaporación, del área expuesta al agua de lluvia y del grado de efluentes que efectivamente ingresaría a los pozos (DEFRA, 1998).

En este estudio se asumió, que todos los predios carecían de techumbres (desvío de agua) en los patios de espera, pasillos y pozos, lo cual se basa en la información proporcionada por CARRILLO (2007)². Para el cálculo de la superficie del patio de espera expuesta a las precipitaciones, se consideró la superficie necesaria por animal en dicho tipo de construcción. Así se pudo dimensionar el agua de lluvia que entraría al

² Carrillo, B. Ing. Agrónomo Msc. UACH. Comunicación personal. 2007.

pozo por efecto de la falta de techumbre en el patio de espera y que podría desviarse para requerir un menor volumen de pozo (Cuadro 6).

Para calcular el área del pozo en la que influían las precipitaciones, se tomó como supuesto la profundidad de las lagunas de almacenamiento de efluentes (holding ponds) recomendada por DEFRA (1998), y descrita en el Cuadro 6, ya que deben evitarse profundidades mayores debido a que generarían limitaciones para la maquinaria que extrae y homogeniza los purines de los pozos. Para esto se utilizó la Ecuación 3.1.

$$V = A * h \quad (3.1)$$

Donde:

$V =$ Volumen de purines (m^3)

$A =$ Área de pozo (m^2)

$h =$ Altura de pozo (m)

En la Ecuación 3.2 se aprecia la forma de cálculo del agua de lluvia que cae directamente en el pozo purinero y en las áreas de concreto que desembocan en éste (patios de espera, pasillos y lugares de confinamiento), adaptada a partir de DEFRA (1998).

$$V = A * P * 10.000 \quad (3.2)$$

Donde:

$A =$ Área de almacenamiento de purines más área de la superficie de concreto (m^2)

$P =$ Precipitación promedio anual (mm)

$V =$ Volumen de precipitaciones que ingresan mensualmente al pozo (m^3)

Para calcular el volumen de precipitaciones que ingresarían a los pozos debido a la construcción del volumen extra de pozo purinero (en un escenario donde no se techarían las estructuras), se utilizó el aporte inicial de agua de lluvia que ingresaba al

pozo por efecto de la ausencia de techumbre en el pozo, y se estimó la proporción que significaba ésta respecto del total de efluentes (Ecuación 3.1).

Luego se utilizó la Ecuación 3.3 para calcular la cantidad de efluentes totales para los nuevos volúmenes de efluentes generados durante los 90 días de almacenamiento y el volumen de precipitaciones extra que ingresarían a los nuevos pozos de mayor volumen.

$$V_{et} = V_{fyo} + V_{pp} \quad (3.3)$$

Donde:

V_{et} = Volumen de efluentes totales para 90 días (m^3)

V_{fyo} = Volumen de fecas, orina y precipitaciones aportado por patio de espera (m^3)

V_{pp} = Volumen de precipitaciones que afectaban a los pozos iniciales (m^3)

A continuación se calculó la cantidad total de fecas, orina, aguas sucias y agua de lluvia proveniente solamente de los patios de espera para 90 días, lo que se restó con los valores calculados en la Ecuación 3.3, obteniendo el volumen de precipitaciones extra por concepto del mayor tamaño de los pozos.

3.2.5 Establecimiento de la situación inicial de los predios. Utilizando la metodología antes mencionada se infirió la situación inicial en cuanto a la capacidad de almacenamiento de efluentes, volumen de pozos que deberían ser impermeabilizados, período de almacenamiento disponible, cantidad de aguas sucias y purines producidos, superficies expuestas a precipitaciones y el aporte de agua limpia a los pozos que significaban dichas superficies.

3.2.6 Establecimiento de la situación luego de aplicar PL. Se contrastó el volumen de almacenamiento inicial con el volumen de almacenamiento que debía tener cada grupo de la sub-muestra 1 para poder almacenar los efluentes durante el período de tres meses, en un escenario donde se redujo a la mitad la producción de aguas sucias y no se techaron todas las estructuras expuestas a precipitaciones, y en un

segundo escenario donde se redujo a la mitad las aguas sucias y además se techaron las estructuras expuestas a precipitaciones.

Para la sub-muestra 2 se realizó el mismo cálculo anterior, pero además se estimó la construcción de pozos equivalentes a los iniciales de la sub-muestra 1. También se incluyó la adquisición de maquinaria necesaria para la distribución de purines.

3.3 Estudio económico

En el estudio económico se utilizó la información generada en el estudio técnico, para estimar los montos de inversión requeridos por cada sub-muestra, para dar así, cumplimiento a los estándares de PL.

Usando precios de mercado se calcularon los valores unitarios de pozo de hormigón armado H-25 (m^3), pozo de polietileno de alta densidad 2 mm (m^3), clorador (unidad), techumbre metal/zinc (m^2), pala para limpiar patio de alimentación (unidad), carro purinero Mayov 8.000 l (unidad), y equipo de aspersión portátil de purines (unidad).

Se efectuó el cálculo de la inversión total y desglosada de cada grupo, basándose en los precios de mercado de las distintas opciones tecnológicas seleccionadas en el estudio técnico, en pesos chilenos del mes de Diciembre de 2007.

Se calculó a continuación, el indicador pesos de inversión por vaca en ordeña, para los distintos escenarios anteriormente descritos.

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Estudio técnico

4.1.1 Selección de las variables de Producción Limpia a evaluar y ordenamiento de los individuos. A continuación se observa la codificación de los 17 grupos de predios según grado de cumplimiento de las variables detalladas en el punto 3.2.1.

En el **Cuadro 7** se aprecia el ordenamiento de la sub-muestra 1, constituida por 13 grupos, en cuanto al cumplimiento de las variables de PL, indicándose el número de predios que constituyó cada grupo.

CUADRO 7 Grupos de inversión de la sub-muestra 1.

Grupo	Número de predios por grupo	Ítems de PL cumplidos	Ítems de PL no cumplidos
1	1	PP, PI, MN, AP,	TA, AL, TE
2	4	PP, PI, MN, AP,	TA, AL, TE
3	2	PP, PI, MN, AP,	TA, AL, TE
4	9	PP, PI, MN, AP,	TA, AL, TE
5	6	PP, PI, MN, AP,	TA, AL, TE
6	1	PP, PI, MN	TA, AL, TE, AP
7	12	PP, PI, MN	TA, AL, TE, AP
8	1	PP, MN, AP	TA, AL, TE, PI
9	8	PP, MN, AP	TA, AL, TE, PI
10	1	PP, MN, AP	TA, AL, TE, PI
11	18	PP, MN, AP	TA, AL, TE, PI
12	13	PP, MN	TA, AL, TE, PI, AP
13	14	PP, MN	TA, AL, TE, PI, AP

PP = Presencia de pozo purinero; TA = Tamaño adecuado de pozo purinero; PI = Pozo purinero impermeable; AL = Disminución de las aguas de lavado; MN = Maquinaria necesaria; TE = Techado de estructuras; AP = Agua Potable.

En el **Cuadro 8** se observa como se conformó la sub-muestra 2 en la cual los grupos no contaban con pozo purinero o maquinaria necesaria. Se detalló también el número de individuos por grupo.

CUADRO 8 Grupos de inversión de la sub-muestra 2.

Grupo	Número de predios por grupo	Ítems de PL cumplidos	Ítems de PL no cumplidos
1a	2	AP	PP, PI, TA, MN, AL, TE
2a	2		PP, PI, TA, MN, AL, TE, AP
3a	3	AP	PP, PI, TA, MN, AL, TE
4a	3		PP, PI, TA, MN, AL, TE, AP

PP = Presencia de pozo purinero; TA = Tamaño adecuado de pozo purinero; PI = Pozo purinero impermeable; AL = Disminución de las aguas de lavado; MN = Maquinaria necesaria; TE = Techado de estructuras; AP = Agua Potable.

En los Cuadros 9 y 10 se entregan los resultados del ordenamiento final de los 100 predios lecheros (17 grupos antes mencionados), donde figuran agrupados de acuerdo a las prácticas de confinamiento que realizaban, como se explicitó en el punto 3.2.2.

CUADRO 9 Caracterización de los grupos de la sub-muestra 1 de acuerdo a confinamiento y número de animales.

Grupo	Confinamiento	Media vacas ordeña
1	Todo el día	620
2	Invernal	493
3	Nocturno	616
4	Sin confinamiento	273
5	Invernal	511
6	Nocturno	900
7	Sin confinamiento	217
8	Todo el día	275
9	Invernal	314
10	Nocturno	550
11	Sin confinamiento	249
12	Invernal	279
13	Sin confinamiento	249

Al comparar las cifras de los Cuadros 9 y 10, se aprecia como los grupos de la sub-muestra 1 presentaban, en promedio, rebaños más grandes que la sub-muestra 2, y coincidentemente, cumplían con más variables de PL que los grupos de la sub – muestra 2.

CUADRO 10 Caracterización de los grupos de la sub-muestra 2 de acuerdo a confinamiento y número de animales.

Grupo (n)	Tipo confinamiento	Media vacas ordeña
1a	Invernal	97
2a	Invernal	164
3a	Sin confinamiento	134
4a	Sin confinamiento	242

4.1.2 Identificación de las opciones tecnológicas aplicables. A continuación, se detallan las opciones tecnológicas escogidas para dar cumplimiento con lo mencionado en el punto 3.2.3.

Según lo señalado en el punto 3.2.3.1, se evaluó la implementación de pozos purineros de hormigón armado H-25. Según (TEUBER, 2007)³, el hormigón H-25 puede soportar cargas de hasta 250 kg/cm². Si bien la carga que pueden generar los efluentes no es tan alta, si lo puede ser la generada por la constante presión que significa la tierra que rodea al pozo, además, el hormigón H-25, permite asegurar que la estructura no se quebrará fácilmente al ser afectada por un movimiento sísmico, evitando así la posible percolación de contaminantes a aguas subterráneas.

Por último el H-25 es mas denso que otros, por lo que es mas difícil que los posibles agentes corrosivos del los purines alcancen el enfierrado de la estructura.

Los aspectos considerados en la construcción de pozos purineros de hormigón armado H-25 se aprecia en el Cuadro 11. En cuanto a la impermeabilización de pozos solo se debe omitir el ítem extracción de material.

³ Teuber, M. Constr. Civil. Constructora Teuber Ltda. Comunicación personal. 2007.

CUADRO 11 Aspectos en la construcción de pozo purinero de hormigón⁴.

Ítem	Descripción
1	Instalación de faenas
2	Elementos de seguridad Movimiento de tierra Extracción de material
3	Obra gruesa Hormigón armado e = 10 cm. Afinado de terminación Rampa acceso
4	Cierre perimetral de aislación animal Sistema de evacuación Tubería 200 mm. Piezas especiales

En cuanto a las membranas de PVC, (WILLER, 2007)⁵ señala que la permeabilidad de éstas es muy baja, incluso mas baja que la del hormigón, y en caso de alguna rajadura pueden ser parchadas, gracias a termofusionadoras. Además, se puede realizar la instalación de éstas en condiciones de cierta humedad, cosa bastante práctica en la zona de estudio. Se recomienda el uso de membrana con un espesor mínimo entre 0,6 mm y 1,50 mm.

Cabe destacar que estas membranas se pueden rajar, por lo que hay que tener precaución al realizar prácticas como homogenización de los purines o succión de los mismos para su distribución (CHILE, INIA, 2005).

Además, algunas de estas membranas cumplen con normas internacionales como las de la UE, con estándares de calidad bastante superiores a los actuales chilenos (WILLER, 2007)⁵.

En el Cuadro 12 se aprecia los ítems considerados dentro de la construcción de pozos purineros revestidos con polietileno de alta densidad de 2 mm. En cuanto a la impermeabilización de pozos solo se debe eliminar la extracción de material. Un ejemplo de este tipo estructura se presenta en el Anexo 3.

⁴ Constructora de Los Ríos Ltda. Manuel Montt N°230 2º Piso. La Unión. 2007.

⁵ Willer, F. Ing. Civil. .Aquatec S.A. Comunicación personal. 2007.

CUADRO 12 Aspectos en la construcción de pozo purinero de PVC⁴.

Ítem	Descripción
1	Instalación de faenas
2	Elementos de seguridad Movimiento de tierra Extracción de material
3	Obra gruesa Polietileno alta densidad 2mm Rampa acceso
4	Cierre perimetral de aislamiento animal Sistema de evacuación Tubería 200 mm. Piezas especiales

Suelos con problemas de drenaje presentarán dificultades a un carro purinero de gran peso, además, otras desventajas que presenta este sistema son la limitada capacidad del carro purinero y la limitación para el ingreso del carro al potrero, específicamente por malas condiciones físicas del suelo (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, INIA, 1999).

Tomando en cuenta la información referente a las opciones tecnológicas para la distribución de purines, a lo dicho por Salazar et al. (2003) en cuanto a que el 65% de los predios encuestados prefería utilizar sistemas de aspersión de purines y a que el costo de un equipo de aspersión resultó menor al de un carro purinero de similares prestaciones, en el presente trabajo se utilizó el sistema de aspersión de purines como opción tecnológica para el manejo de purines.

En relación a lo indicado en el punto 3.2.3.2, el Cuadro 13 describe un equipo de aspersión de purines portátil que incluye sistema de homogenización del pozo.

⁴ Constructora de Los Ríos Ltda. Manuel Montt N°230 2º Piso. La Unión. 2007.

CUADRO 13 Equipo de aspersión portátil de purines⁶.

Descripción
Bomba marca DODA tractor: 80.000L/h, Distancia max. 2000m, Tractor 80-90 hp. Atril porta-bomba fabricación nacional: Cardan Succión fabricación nacional: canastillo, chorizo 5pulg x 6m, terminales acople Descarga y revolver fabricación nacional: (sistema que retorna purines ,homogenizar), Chorizo 5pulg x 6m Aspersor completo Perrot ZN 23 austriaco 2 curvas fabricación nacional 40 Tubos aéreos fabricación nacional 10mm x 6m Revolvedor con cardan fabricación nacional

En el punto 3.2.3.3 se consideró la implementación de una pala raspadora para el tercer punto del tractor. Esto, debido a que en cuanto al manejo de purines en la sala de ordeña y corrales, SAG (2006) recomienda realizar un primer barrido en seco, manual o mecánico de corrales y salas de ordeña, y posteriormente usar un sistema de lavado con agua a alta presión y bajo caudal. Con esta medida se busca minimizar el ingreso de aguas limpias al sistema.

Se debe hacer mención de que es muy importante que el personal esté interiorizado en cuanto este punto, ya que la variable manejo puede marcar una gran diferencia en la producción de aguas de lavado. Las características de dicho implemento se describen en el Cuadro 14, y un ejemplo de este tipo de implemento se presenta en el Anexo 3.

CUADRO 14 Descripción pala para limpiar patio de alimentación⁷.

Descripción
Pala para limpiar patio de alimentación, fija para el 3º punto del tractor Regulable en 180 grados Intercambiable 2,5 metros ancho de trabajo 250 kilos

En el punto 3.2.3.3 se evaluó, para desviar el agua de lluvia, la implementación de techumbres, al respecto, SALAZAR et al. (2003) establecieron que el agua limpia, principalmente a través del agua lluvia, es el principal constituyente de los efluentes de

⁶ Formac Comercial Ferreira Oliva Ltda. Julio Buschmann 2193. Osorno. 2007.

⁷ Maestranza Mayov. Av. Caupolicán 1441. Temuco. 2007.

lechería en el sur de Chile, lo que permite explicar los grandes volúmenes producidos y bajos valores de materia seca obtenidos.

Debido a lo anterior se decidió analizar la factibilidad económica de techar los pozos y los patios de espera con una estructura metálica con cubierta de zinc, la que se diferencia de las estructuras de madera por su mayor durabilidad, resistencia, ausencia de pilares centrales y menor precio (TEUBER, 2007)³. En el Cuadro 15 se describe el tipo de techumbre soportada por estructura metálica. Un ejemplo de este tipo de implemento se presenta en el Anexo 4.

CUADRO 15 Galpón de estructura liviana⁸.

Descripción
Acero A42- 27ES Pernos de unión A42-23ES Soldadura E60XX/E70XX Perfiles tubulares rectangulares y costaneras, marca Cintac, modelo Tubest Liviano Cubierta de planchas de Zinalum acanaladas de 0.35 mm de espesor Apoyo de fundación empotrado en poyos de hormigón. Marcos metálicos pintados con antióxido Capaz de resistir Sobrecargas de 35kg/m ² Capaz de resistir viento de 55Kg/m ² Capaz de resistir coeficiente sísmico = 0,27 según NCh (Norma Chilena) 2369

Considerando lo indicado por CARRILLO (2007)², respecto a la instalación de cloradores en las salas de ordeña, se consideró que estos podrían ser una opción más económica que el invertir en la construcción de pozos profundos, para lograr abastecer las salas de ordeña con agua potable.

En el Cuadro 16 se presentan los ítems necesarios para la implementación del sistema de clorado del agua, opción que fue elegida en el punto 3.2.3.4 para solucionar la falta de agua potable en las salas de ordeña de algunos de los grupos.

² Carrillo, B. Ing. Agrónomo Msc. UACH. Comunicación personal. 2007.

³ Teuber, M. Constr. Civil. Constructora Teuber Ltda. Comunicación personal. 2007.

⁸ Constructora Teuber y Cía. Ltda. Ruta 5 sur km 1012. Puerto Varas. 2007.

CUADRO 16 Clorador De Laval⁹.

Descripción
Bomba cloradora eléctrica Della san líquido x 60 Lts. Set fitting instalación Trabajo de instalación, incluida movilización

4.1.3 Establecimiento de situación inicial en cuanto a las variables. A continuación se presenta la situación inicial de cada grupo con respecto a las variables de PL.

4.1.3.1 Manejo del pozo purinero. La Figura 2 detalla la capacidad de almacenamiento de purines estimada como inicial para los grupos de la sub-muestra 1.

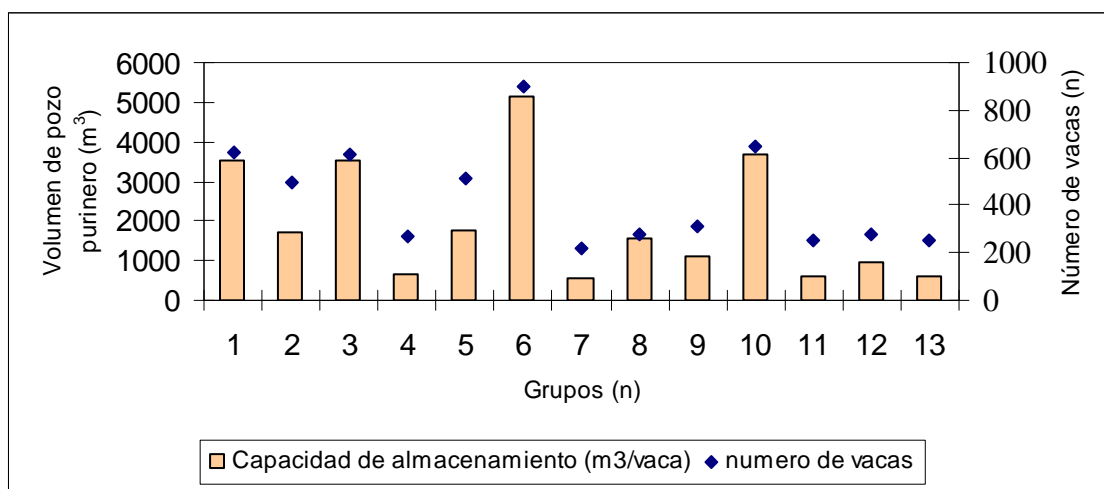


FIGURA 2 Capacidad de almacenamiento de purines inicial para la submuestra 1.

En la Figura 3 se aprecia la capacidad de almacenamiento disponible, en días, para la sub-muestra 1. Se puede ver como ninguno de los grupos contaba con el volumen de almacenamiento adecuado para el período crítico de 90 días antes descrito.

Los resultados de la Figura 3 fueron calculados considerando los parámetros del Cuadro 6, por tal razón los grupos 1, 3, 6, 8 y 10 presentaban una capacidad de almacenamiento un tanto mayor. La línea roja, representa la capacidad de

⁹ AgroOettinger. Valdivia. 2007.

almacenamiento necesaria para almacenar los efluentes 90 días, se puede apreciar, que ninguno de los grupos contaba con dicha capacidad.

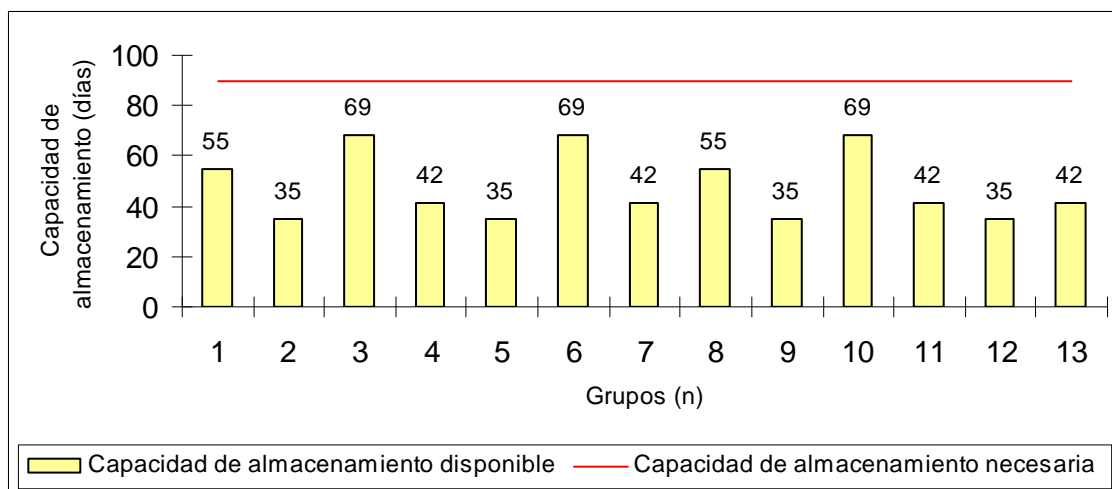


FIGURA 3 Días de almacenamiento de efluentes disponible para la submuestra 1.

Los grupos 8, 9, 10, 11, 12 y 13 no contaban con pozos purineros impermeables, por lo que se calculó la impermeabilización de éstos. En el Cuadro 17 se aprecia cual era el volumen de pozo purinero a impermeabilizar para los grupos 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

CUADRO 17 Volumen de pozo a impermeabilizar.

Grupo (n)	Volumen de pozo a impermeabilizar (m ³)
8	1568
9	1094
10	3705
11	616
12	975
13	614

4.1.3.2 Manejo de las aguas de lavado y aguas lluvia. Como ya se mencionó, los pozos purineros y los patios de espera, se encontraban expuestos a las precipitaciones, lo que generaba un aporte de agua limpia que podía ser evitado.

En la Figura 4 se aprecia la superficie total estimada que se debía techar, considerando los patios de espera y los pozos purineros. El grupo 6 presenta la mayor

superficie de la sub-muestra 1 debido a que contaba con 900 animales en ordeña, lo que significa una mayor superficie afecta a precipitaciones. El grupo 7 no realizaba confinamiento y contaba con un rebaño de 217 vacas, lo que se reflejó en una menor superficie expuesta a precipitaciones.

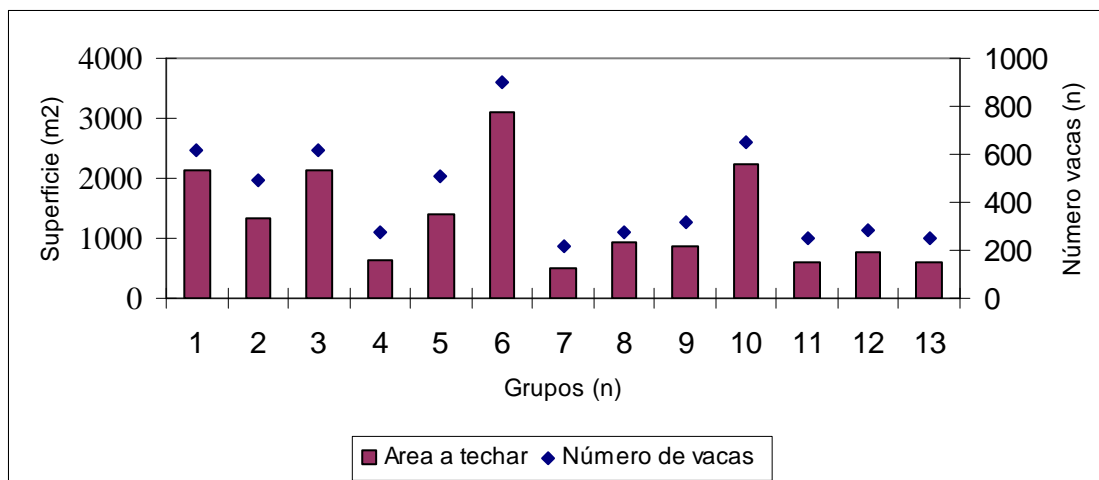


FIGURA 4 Área total a techar según cantidad de animales para la sub-muestra 1.

En el Cuadro 18 se aprecia como varía la cantidad de efluentes producidos según tipo de confinamiento al techar las estructuras expuestas a precipitaciones y disminuir las aguas de lavado en un 50%. La disminución en la cantidad de purines producidos fue de 34,66% del total de efluentes para los grupos que confinaban los animales todo el año, 32,15% para los que confinaban durante el invierno, 43,42% para los que confinaban durante la noche y 55,73% para los que no realizaban confinamiento.

CUADRO 18 Disminución del porcentaje total de purines para la sub-muestra 1 al disminuir a la mitad las aguas de lavado y desviar totalmente el agua de lluvia.

Tipo de Confinamiento	Disminución de las aguas sucias (%)	Disminución del agua de lluvia (%)	Disminución de los efluentes totales (%)
Todo el año	17,30	17,37	34,67
Invernal	17,96	14,19	32,15
Nocturno	21,67	21,76	43,42
S. confinamiento	30,26	25,47	55,73

4.1.4 Establecimiento de situación luego de aplicar Producción Limpia. A continuación se presentan los resultados de las dos sub-muestras, luego de ser evaluadas bajo los escenarios presentados en el punto 3.2.6.

4.1.4.1 Primer escenario. En un primer escenario se simuló el reducir a la mitad las aguas de lavado, pero no techar las estructuras expuestas a precipitaciones; lo anterior, para evaluar si era más económico implementar pozos purineros de mayor tamaño o techar las estructuras expuestas a las precipitaciones. Cabe destacar que para reducir las aguas de lavado, se consideró un implemento de raspado en seco, variable que está muy relacionada con los distintos manejos realizados en cada predio, por lo que la influencia del recurso humano es muy importante.

En la Figura 5, se observa el volumen de almacenamiento de purines inicial disponible, contrastado con el volumen de almacenamiento que debía tener cada grupo de la sub-muestra 1 para poder almacenar los efluentes durante el período de tres meses.

Si bien la capacidad de almacenamiento de los grupos 4, 7, 11 y 13 era menor a la del resto de los grupos, al reducir la cantidad de aguas sucias y debido a que la cantidad de purines que accedían a los pozos sólo correspondían a los producidos durante las ordeñas (no realizaban confinamiento), la capacidad extra de pozo purinero necesaria era menor en comparación con los grupos que realizaban confinamiento total e invernal, siendo ésta un 51,15% de la capacidad inicial disponible.

En cuanto a los grupos 2, 5, 9 y 12, que realizaban confinamiento invernal, el mayor tiempo de confinamiento y su menor capacidad de almacenamiento inicial, se tradujo en una mayor necesidad de capacidad de almacenamiento extra de 121,80% de la capacidad inicial disponible.

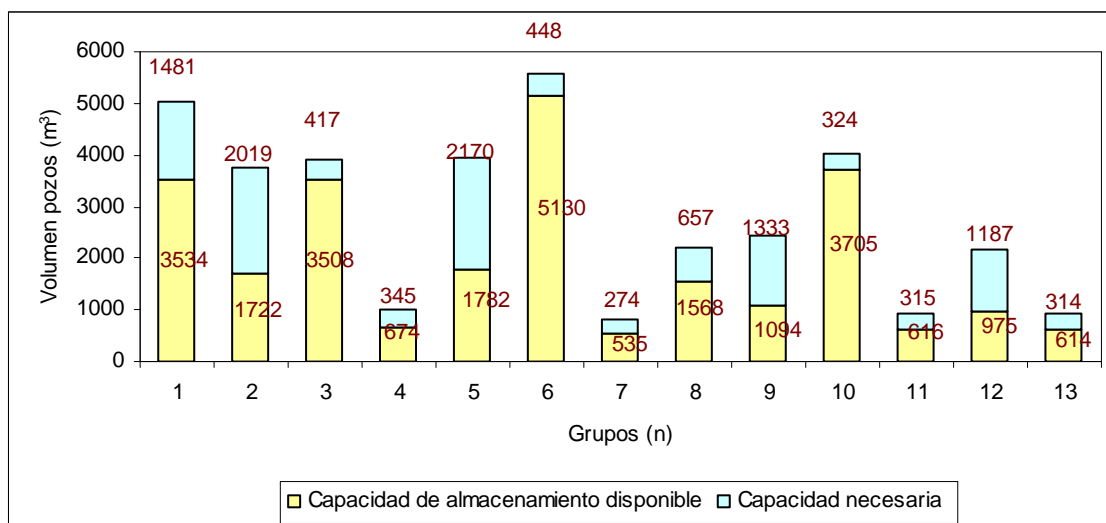


FIGURA 5 Capacidad de almacenamiento de efluentes disponible inicial y necesaria para 90 días sin techado para la sub-muestra 1.

En la Figura 6 se aprecia la capacidad de almacenamiento equivalente a la inicial de la sub-muestra 1 para la sub-muestra 2.

Los grupos 1a y 2a (que realizaban confinamiento invernal) arrojaron una necesidad extra de almacenamiento de 124,27% con respecto a la capacidad equivalente inicial, mientras que los grupos 3a y 4a (que no realizaban confinamiento) necesitaban solo el 53,42% de la capacidad inicial mencionada.

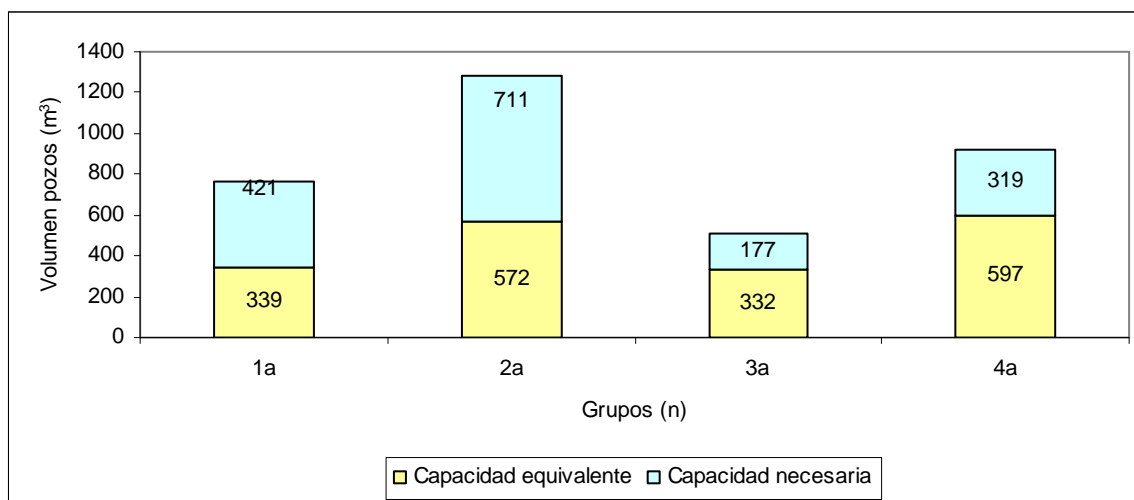


FIGURA 6 Capacidad equivalente y necesaria para almacenar los efluentes durante 90 días para la sub-muestra 2.

4.1.4.2 Segundo escenario. En un segundo escenario se simuló la reducción a la mitad de las aguas sucias y el techado de todas las estructuras expuestas a precipitaciones.

En la Figura 7 se aprecia la capacidad de almacenamiento inicial y necesaria, estimada para la sub-muestra 1, reduciendo a la mitad las aguas sucias y desviando el agua de lluvia que ingresaba a los pozos purineros.

Debido a las medidas antes mencionadas se observaron las siguientes tendencias. La primera, para los grupos con confinamiento todo el año la necesidad de construir una mayor capacidad de pozo purinero disminuyó notoriamente llegando a un 17% de lo que necesitaban construir en el primer escenario (Figura 7).

Luego para los grupos con confinamiento invernal, la necesidad de pozo purinero extra llegó a un 61,87% de lo que necesitaban en el primer escenario, esto debido a que se utilizó una capacidad de almacenamiento disponible inicial menor ($3,47 \text{ m}^3/\text{vaca}$), y dado que estos grupos producían durante el período crítico la misma cantidad de efluentes que los de confinamiento todo el año (con una capacidad de almacenamiento

menor) la necesidad de volumen extra de pozos purineros fue la mayor de la sub-muestra 1 (Figura 7).

A continuación, los grupos con confinamiento nocturno, no necesitaban construir una mayor capacidad de pozo purinero. Esto, debido a que producían menos efluentes que los grupos citados previamente y a que se les estimó una capacidad de almacenamiento disponible inicial igual a la de los grupos con confinamiento todo el año (Figura 7).

En cuanto a los grupos sin confinamiento, si bien se les calculó la menor capacidad de almacenamiento disponible inicial de efluentes de la sub-muestra 1, su producción de efluentes era también la menor de la muestra, por lo que en este escenario su capacidad de almacenamiento inicial era suficiente para almacenar los efluentes (Figura 7).

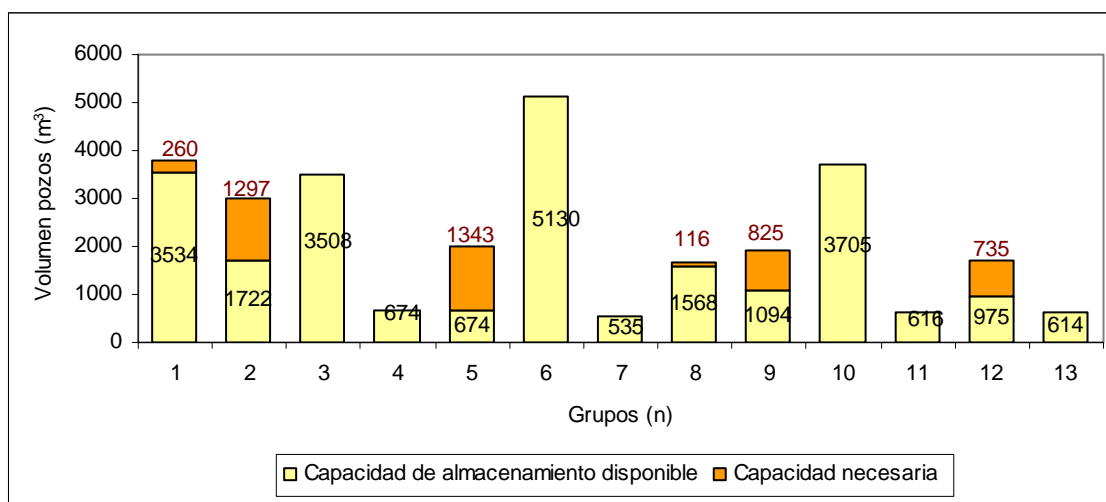


FIGURA 7 Capacidad de almacenamiento disponible y necesaria, considerando reducción de efluentes, para almacenar estos durante 90 días para la sub-muestra 1.

Considerando lo señalado por SALAZAR et al. (2003), sobre el gran aporte de aguas limpias a los pozos purineros, que representa el agua de lluvia, y que al desviarlas se necesitaría un menor volumen de almacenamiento de efluentes, se puede inferir que

para la realidad de este estudio, esa afirmación depende principalmente de la capacidad de almacenamiento inicial disponible y del tipo de confinamiento utilizado.

Para el presente estudio lo dicho por SALAZAR et al. (2003), coincidió para los grupos con confinamiento nocturno y sin confinamiento, y en menor medida para los grupos con confinamiento invernal.

En la Figura 8 se aprecian las mismas tendencias de la figura anterior, esta vez para la sub-muestra 2, donde los grupos 1a y 2a (que realizaban confinamiento invernal) necesitaban construir un 42,97% de la capacidad extra calculada en el primer escenario.

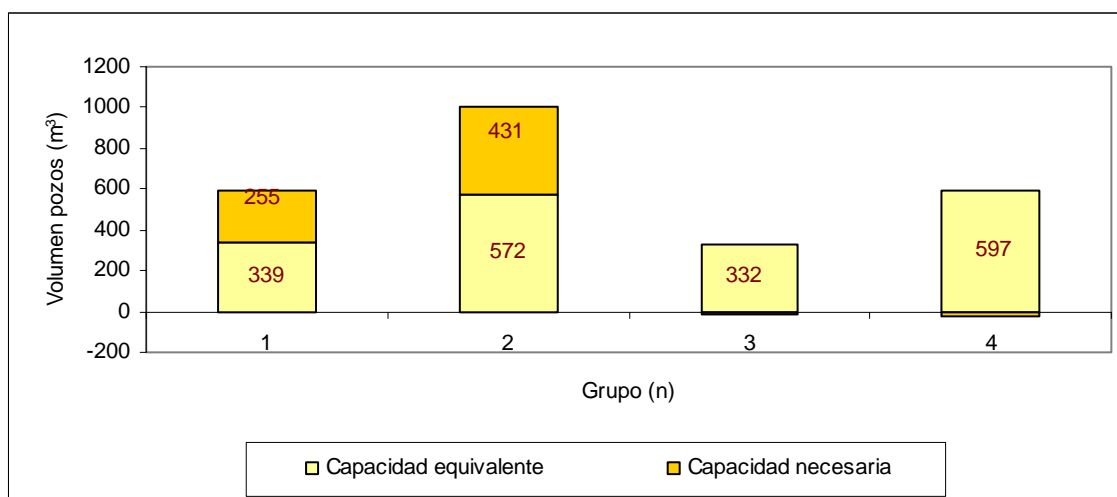


FIGURA 8 Capacidad equivalente y necesaria, considerando reducción de efluentes, para almacenar éstos durante 90 días para la submuestra 2.

Los grupos 3a y 4a (que no realizaban confinamiento) mostraron que la capacidad de almacenamiento inicial equivalente era suficiente para almacenar los efluentes del período crítico.

4.2 Estudio económico

En el Cuadro 19 se entregan los valores unitarios de las distintas opciones tecnológicas escogidas en el estudio técnico. Estos valores se expresan en pesos chilenos del mes de Diciembre del año 2007.

CUADRO 19 Valores unitarios de las opciones tecnológicas.

Opción tecnológica	Valor unitario (\$)
Pozo hormigón armado H-25 (m ³)	17.819
Pozo hormigón armado H-25 (m ³)*	13.982
Pozo polietileno alta densidad 2 mm (m ³)	5.615
Pozo polietileno alta densidad 2 mm (m ³)*	1.838
Clorador (unidad)	288.456
Techumbre metal/zinc (m ²)	15.000
Pala para limpiar patio de alimentación (unidad)	630.700
Equipo de aspersión portátil de purines (unidad)	7.693.408

4.2.1 Inversión de la sub-muestra 1 en el primer escenario. En la Figura 9 se aprecian los montos de inversión para la sub-muestra 1, considerando las opciones pozo de hormigón y PVC, pero sin la implementación de techumbres para el desvío de agua lluvia.

Los grupos 4 y 7 son los que requerían la menor inversión, \$6.668.907 y \$5.692.212, respectivamente, para la opción hormigón. En cuanto a la opción PVC, los montos para estos grupos fueron de \$2.464.554 y \$2.354.323, respectivamente. Este comportamiento se debió a que no realizaban confinamiento, por lo que necesitaban comparativamente, una capacidad de almacenamiento menor.

Para los grupos 8, 9, 10, 11, 12 y 13 la inversión total aumentó con respecto a los primeros 7 debido al costo de impermeabilizar los pozos iniciales. Dentro de estos últimos, los grupos 11 y 13, no realizaban confinamiento por lo que necesitaban una capacidad de almacenamiento e inversión menores.

* Impermeabilización de los pozos.

El grupo de mayor inversión de la sub-muestra 1 fue el grupo 10 con \$58.099.709 para la opción hormigón y \$9.155.505 para la opción PVC, montos atribuibles a que este grupo presentaba 650 animales en ordeña, realizaba confinamiento nocturno y no contaba con pozos purineros impermeables.

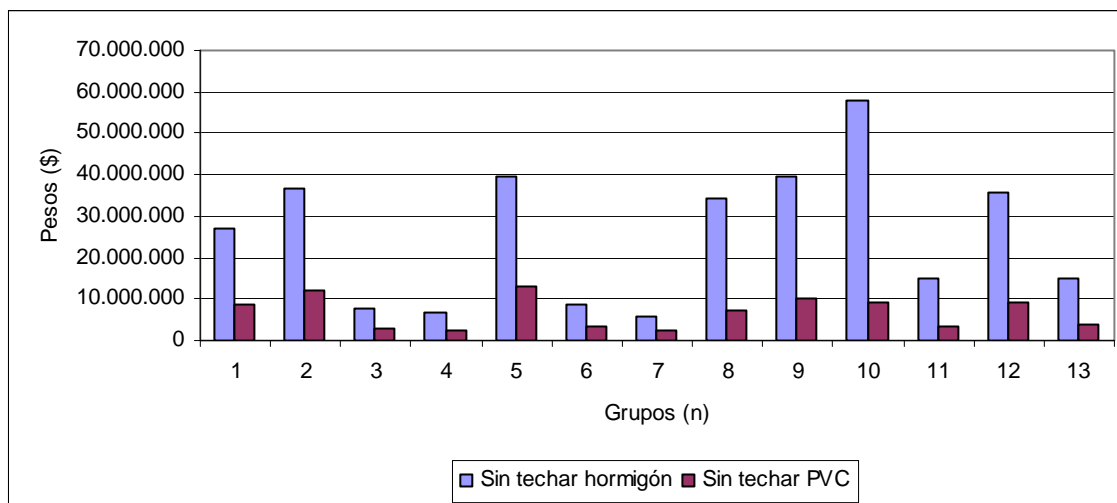


FIGURA 9 Inversión total para la sub-muestra 1 considerando las opciones hormigón y PVC.

4.2.2 Inversión de la sub-muestra 1 en el segundo escenario. En la Figura 10 se aprecian los montos de inversión para la sub-muestra 1, considerando pozos de hormigón o PVC y techado de patios y pozos purineros.

En la Figura 10 se aprecia que para los grupos 3, 4, 6 y 7 no hubo diferencias entre la inversión de las opciones hormigón y PVC. Lo anterior se debió a que el techado de las estructuras ocupó la mayor parte de la inversión en ambas opciones, ya que al disminuir la entrada de precipitaciones a los pozos, la capacidad inicial de almacenamiento de purines fue suficiente para almacenar los efluentes durante el período crítico.

EL grupo de mayor inversión fue el grupo 10 con \$67.857.181 para la opción techado de estructuras y construcción de pozos de hormigón y \$58.099.709 para la opción techado de estructuras y construcción de pozos de PVC, esto se debió a que éste

grupo no contaba con pozos purineros impermeabilizados, ordeñaba 420 animales (mayor superficie a techar) y realizaba confinamiento nocturno. El grupo con el menor monto de inversión fue el grupo 7 con \$8.425.400, por las razones explicadas previamente.

Cabe destacar que, para los grupos 10, 11 y 13, se estimó sólo la impermeabilización de la capacidad necesaria de almacenamiento, es decir de la existencia de pozo purinero se impermeabilizó sólo lo que necesitarían bajo este escenario, ya que de otra manera se estaría sobreestimando la inversión.

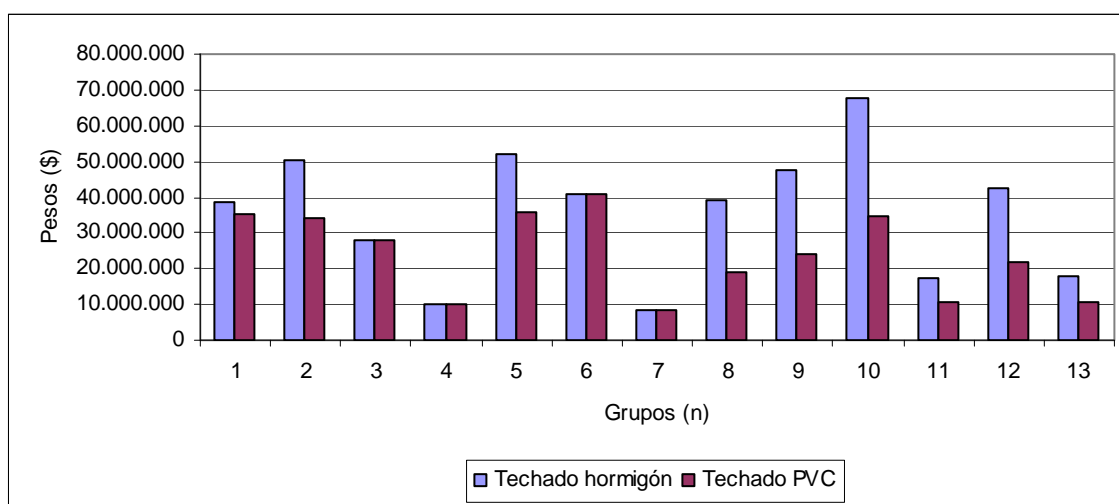


FIGURA 10 Inversión total para la sub-muestra 1 considerando pozos de hormigón, PVC y techado de patio y pozos purineros.

En el Cuadro 20 se entregan los montos de inversión finales para los grupos 1 al 7 de la sub-muestra 1. Sin lugar a dudas se aprecia que la opción más barata para todos los grupos fue la opción PVC sin techado de estructuras. Las opciones más caras, por otra parte, fueron hormigón con techado de estructuras y PVC con techado de estructuras.

Estos resultados se contrastan con lo indicado por INIA (2005) en cuanto al costo elevado de las membranas de revestimiento de PVC como elemento de impermeabilización. Ello se puede deber a que en dicho estudio no se evaluó la opción de construcción de pozos de almacenamiento de purines utilizando hormigón como

impermeabilizante, ya que sólo se evaluaron las opciones sellado con excretas, por compresión, por cubiertas de tierra, con arcilla y con membranas flexibles.

CUADRO 20 Montos de inversión para los grupos 1 al 7 de la sub-muestra 1.

Grupo (n)	Techado hormigón (\$)	Techado PVC (\$)	Sin techar hormigón (\$)	Sin techar PVC (\$)
5	52.251.615	39.486.405	35.867.065	13.003.886
2	50.230.250	36.499.955	34.397.735	11.865.211
6	40.812.206	40.812.206	8.804.012	3.334.944
1	38.580.227	35.402.446	26.911.058	8.843.462
3	27.881.281	27.881.281	7.961.982	2.872.040
4	10.111.587	10.111.587	6.668.907	2.464.554
7	8.425.400	8.425.400	5.692.212	2.354.323

En el Cuadro 21 se aprecian los montos de inversión finales para los grupos 8 al 13 de la sub-muestra 1, donde se aprecia una tendencia distinta a la observada en el Cuadro 20, ya que las opciones mas baratas fueron sin techar/PVC y techado/PVC, lo que se podría explicar porque estos grupos no tenían pozos purineros impermeabilizados y la mayor parte de la inversión correspondió al sellado de éstos.

CUADRO 21 Montos de inversión para los grupos 8 al 13 de la sub-muestra 1.

Grupo (n)	Techado hormigón (\$)	Sin techar hormigón (\$)	Techado PVC (\$)	Sin techar PVC (\$)
10	67.857.181	58.099.709	34.466.658	9.155.505
9	47.427.890	39.586.225	24.071.459	10.026.614
12	42.586.890	35.602.907	21.785.068	9.276.378
8	39.323.501	34.147.660	18.877.942	7.097.748
13	17.796.842	15.005.917	10.639.716	3.711.525
11	17.549.347	14.751.688	10.374.954	3.430.049

De acuerdo a lo indicado por SALAZAR et al. (2003), sobre desviar las precipitaciones para reducir el volumen de almacenamiento de efluentes, se aprecia en el Cuadro 21 que para individuos donde la impermeabilización de los pozos significó la mayor parte de la inversión, el techar la totalidad de las estructuras afectas a precipitaciones fue sólo la segunda opción mas económica.

4.2.3 Inversión de la sub-muestra 2 en el primer escenario. En cuanto a la sub-muestra 2, el grupo con mayor inversión fue el grupo 2a con \$31.384.429 para la opción sin techar y construcción de pozos de hormigón y \$15.719.695 para la opción sin techar y construcción de pozos de PVC (Figura 11).

El grupo con la menor inversión fue el grupo 3a con \$17.294.023 para la opción sin techar y construcción de pozos de hormigón y \$11.081.831 para la opción sin techar y construcción de pozos de PVC (Figura 11).

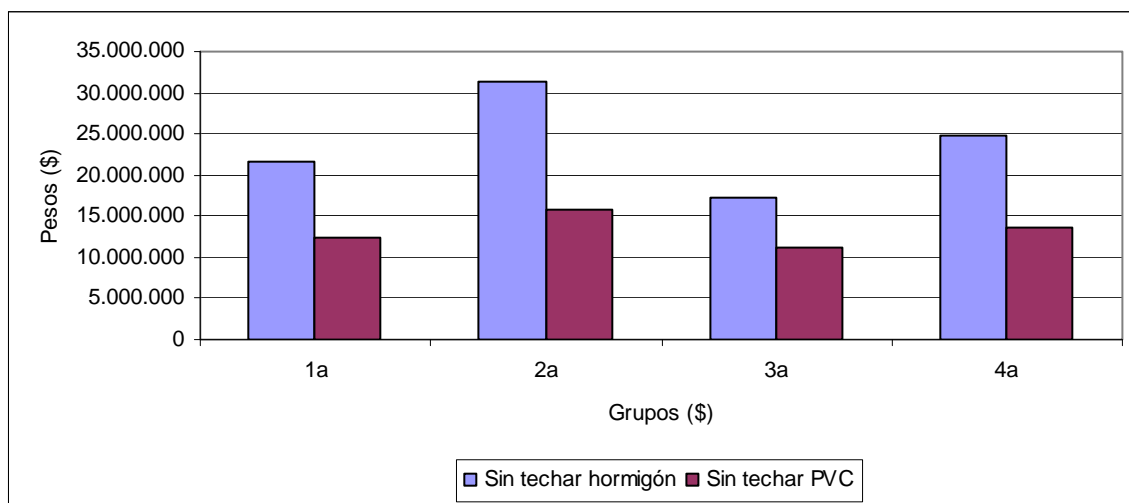


FIGURA 11 Inversión total para la sub-muestra 2 considerando pozos de hormigón, PVC sin techado de patio y pozos purineros.

4.2.4 Inversión de la sub-muestra 2 en el segundo escenario. En la Figura 12 se aprecian los montos de inversión finales para los grupos de la sub-muestra 2 considerando las opciones pozos de hormigón o PVC y techado de patios de espera y pozos purineros. Al igual que en la figura anterior, el grupo de mayor inversión fue el grupo 2a con \$35.233.639 para la opción techado y pozos de hormigón y \$22.280.833 para la opción techado y pozos de PVC.

El grupo con menor inversión fue el grupo 3a con \$18.615.550 para la opción techado y pozos de hormigón y \$14.210.927 para la opción techado y pozos de PVC.

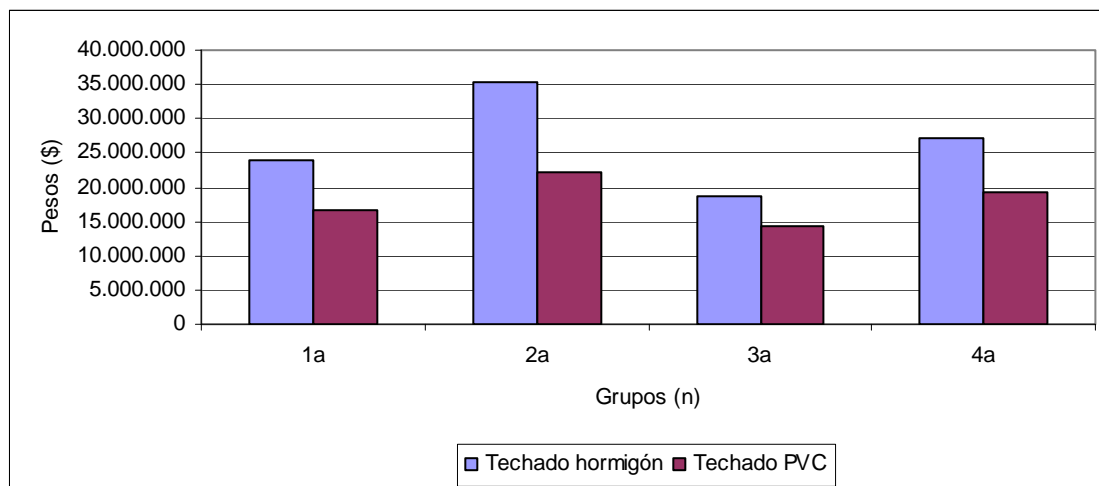


FIGURA 12 Inversión total para la sub-muestra 2 considerando pozos de hormigón, PVC y techado de patio y pozos purineros.

En el Cuadro 22 se presentan los montos de inversión finales para los grupos de la sub-muestra 2. Al igual que para la sub-muestra 1, la opción más económica fue la de construir los pozos purineros con revestimiento de PVC sin techado, en segundo lugar la opción techado/PVC, luego la opción hormigón sin techar, siendo la opción más cara la de techar las estructuras y construir pozos de hormigón.

Se puede apreciar la misma tendencia suscitada en los grupos 8 al 13 de la sub-muestra 1, lo que se explica porque, en la sub-muestra 2 los individuos no contaban con pozo purinero, por lo que este ítem fue el que acarreó la mayor parte de la inversión cobrando mayor relevancia el valor del material de impermeabilización.

Si bien SALAZAR et al. (2003), estimaron que a través de una reducción del ingreso de agua lluvia al pozo de almacenamiento se podrían disminuir considerablemente los volúmenes de efluentes producidos y por lo tanto incrementar la capacidad de almacenamiento, el techar la totalidad de las estructuras expuestas a precipitaciones

para la sub-muestra 2 fue la segunda opción mas económica y sólo cuando se consideró revestimiento de PVC como impermeabilizante de los pozos purineros.

CUADRO 22 Montos de inversión total para la sub-muestra 2.

Grupo (n)	Techado hormigón (\$)	Sin techar hormigón (\$)	Techado PVC (\$)	Sin techar PVC (\$)
2a	35.233.639	31.384.429	22.280.833	15.719.695
4a	27.207.406	24.829.969	19.283.455	13.654.188
1a	24.028.361	21.751.693	16.783.898	12.486.576
3a	18.615.550	17.294.023	14.210.927	11.081.831

4.2.5. Desglose de la inversión de la sub-muestra 1 en el primer escenario. En la Figura 13 se observa cuales fueron los ítems de inversión para los grupos de la sub-muestra 1 al evaluar construir pozos de hormigón sin techado de estructuras. Para los grupos 1 al 7 la mayor parte de la inversión, en este escenario, la generó la construcción de pozos purineros extra de hormigón, mientras que para los grupos 8 al 10, la impermeabilización de los pozos iniciales fue también un factor de inversión importante. Las variables disminución de aguas sucias y agua potable fueron de un nivel de inversión menor en comparación a las otras variables.

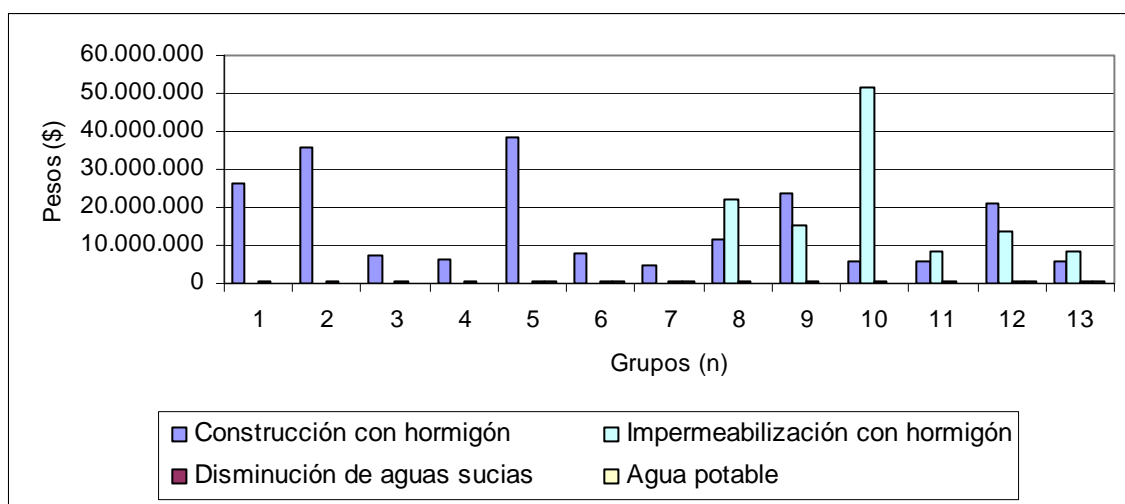


FIGURA 13 Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de hormigón.

En cuanto a la opción pozos de PVC sin techado de estructuras, se observó que la mayor parte de la inversión (Figura 14) correspondió a la construcción de nuevos pozos purineros, ya que al impermeabilizar los pozos iniciales y debido al menor costo del PVC, el costo de impermeabilizar para los grupos 8 al 13 se redujo notablemente con respecto a la opción anterior. Nuevamente, la disminución de las aguas de lavado y la implementación de agua potable representaron una inversión mucho menor que el resto de las variables.

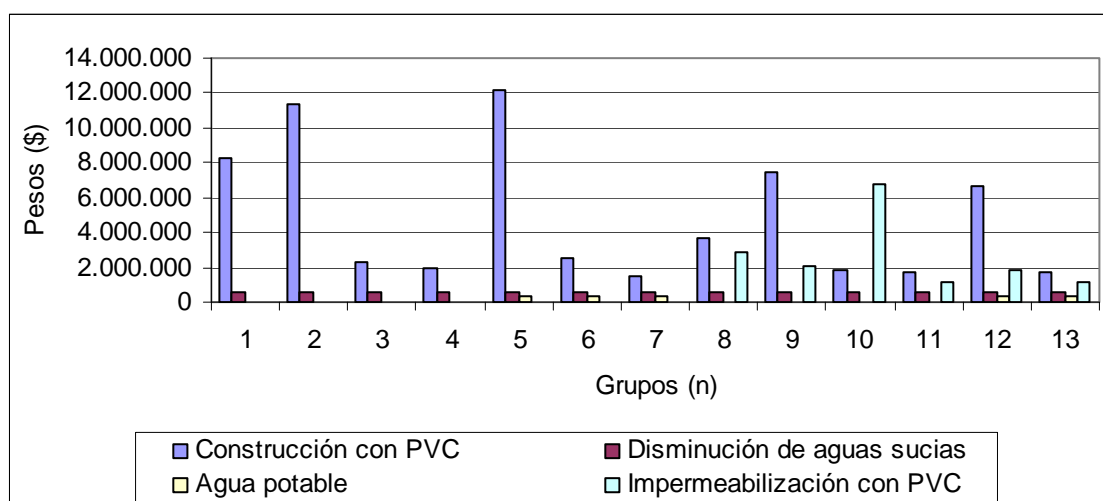


FIGURA 14 Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de PVC.

4.2.6 Desglose de la inversión de la sub-muestra 1 en el segundo escenario. La Figura 15 muestra como afectó a la muestra la implementación de techumbres en las áreas expuestas a precipitaciones. Para los grupos 1 al 7, el ítem de mayor costo fue la implementación de techumbres, seguido por la construcción de pozos de hormigón.

Para los grupos 8 al 13, la impermeabilización de los pozos iniciales cobró importancia económica acarreado incluso para los grupos 8 y 10 la mayor parte de la inversión.

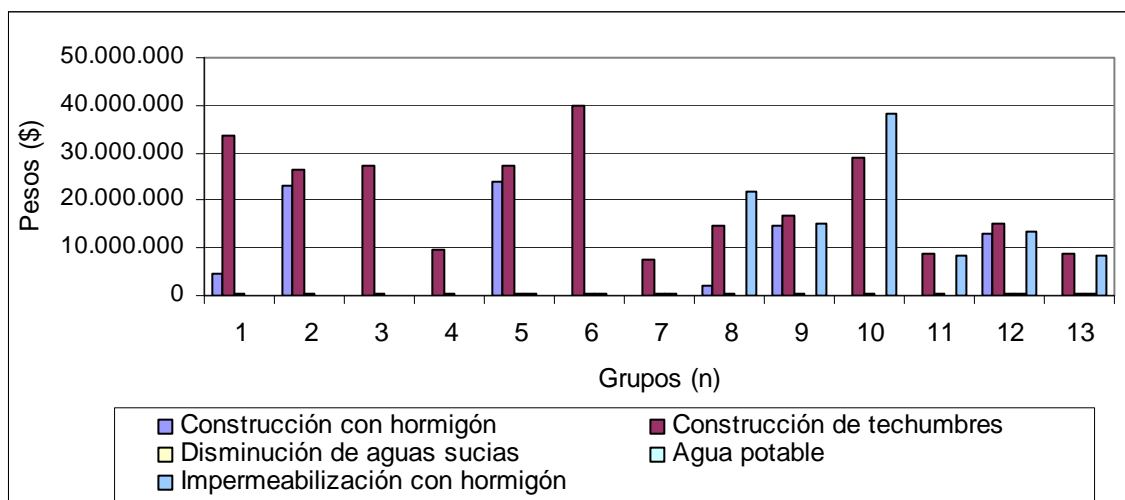


FIGURA 15 Desglose de la inversión para sub-muestra 1 para pozos de hormigón y techumbre.

De la Figura 16 se deduce que el costo de impermeabilizar los pozos fue comparativamente menor al considerar PVC en vez de hormigón. En este escenario para todos los grupos la construcción de techumbres acarrió la mayor parte de la inversión.

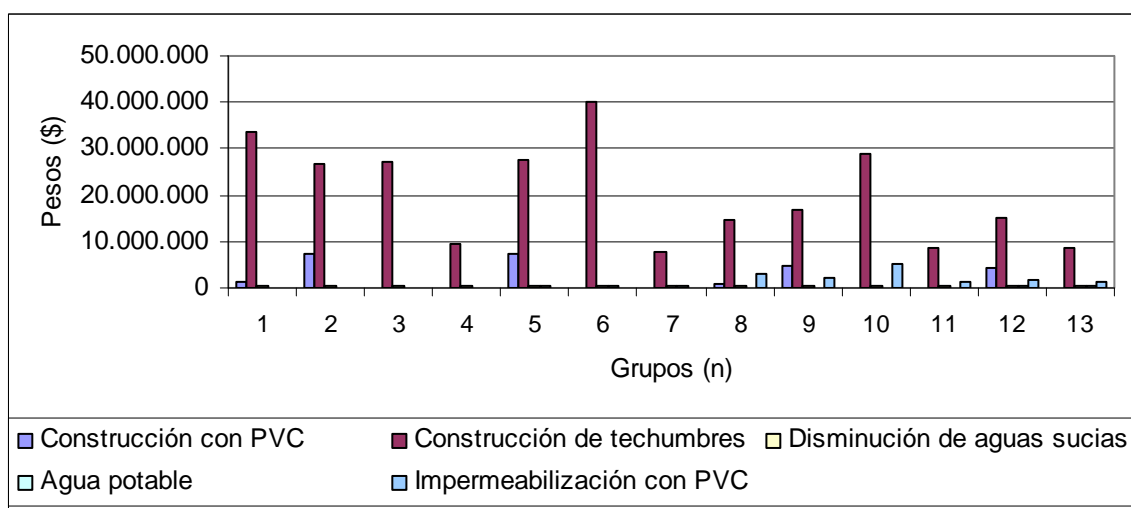


FIGURA 16 Desglose de la inversión para la sub-muestra 1 para pozos de PVC.

4.2.7 Desglose de la inversión de la sub-muestra 2 en el primer escenario. En la Figura 17 se aprecia como, para los grupos 1a y 2a (que realizaban confinamiento invernal) la mayor parte de la inversión recayó sobre la construcción de pozos extra de almacenamiento de purines, seguida por la construcción de una capacidad equivalente de almacenamiento de purines.

En cuanto a los grupos 3a y 4a, la mayor parte de la inversión correspondió a la construcción de pozos purineros equivalentes a los de la sub-muestra 1. Ya que estos grupos no realizaban confinamiento la construcción de pozos extra a los equivalentes fue menor que para los grupos 1a y 2a.

Para los cuatro grupos, la adquisición de maquinaria para la distribución de efluentes significó un ítem importante en la inversión, ya que presentaban rebaños relativamente pequeños en comparación a los de la sub-muestra 1 y sus montos de inversión totales eran menores.

La inversión concerniente a disminución de aguas sucias y agua potable fue bastante despreciable al igual que en la sub-muestra 1.

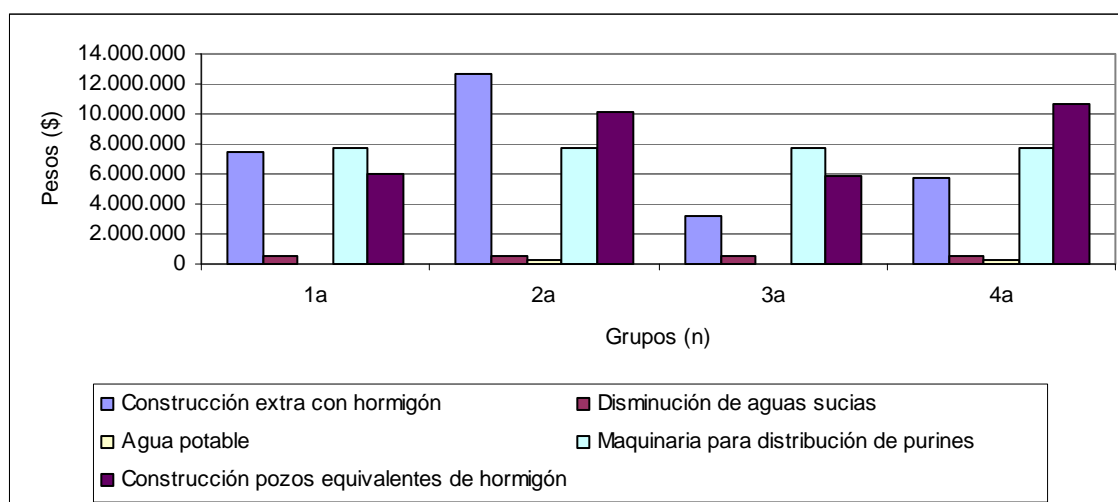


FIGURA 17 Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de hormigón.

En la Figura 18, para la opción construcción de pozos de PVC sin techado de estructuras, se mantuvo la misma tendencia descrita en la figura anterior en cuanto a la construcción de capacidad equivalente a la de la sub-muestra 1 y a la construcción de volumen extra de almacenamiento.

Debido al menor costo de la opción PVC como material para los pozos purineros, el ítem de mayor inversión para todos los grupos fue la adquisición de maquinaria de distribución de purines.

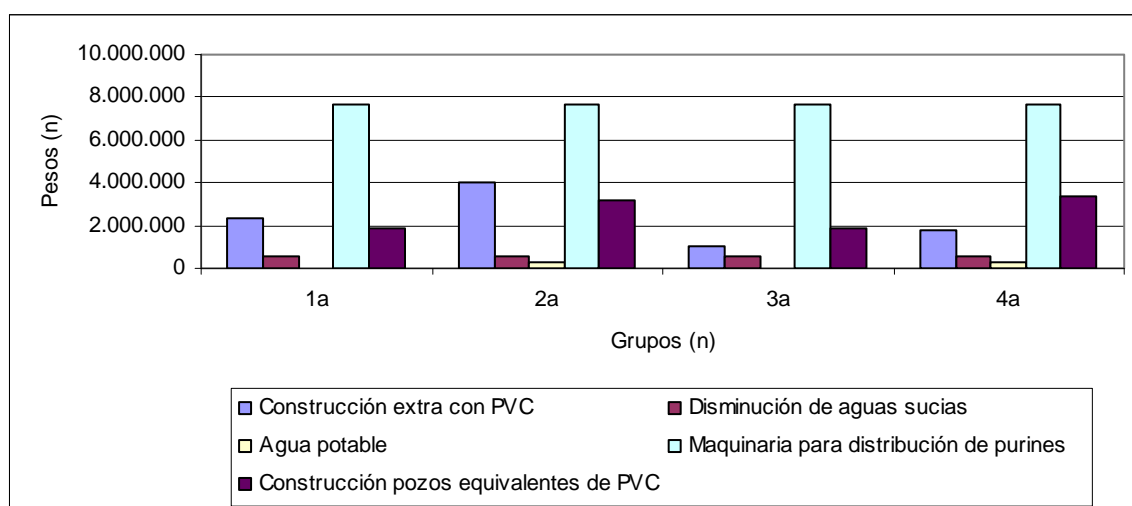


FIGURA 18 Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de PVC.

4.2.8 Desglose de la inversión de la sub-muestra 2 en el segundo escenario. Para la construcción de pozos de hormigón con techado de estructuras, la adquisición de maquinaria de distribución de purines fue el ítem de mayor inversión para los grupos 1a y 3a, seguido por la construcción de pozos purineros de hormigón equivalentes y en tercer lugar la construcción de techumbres (Figura 19).

Se debe tomar en cuenta que si se considerara la construcción de pozos purineros de hormigón equivalentes y la construcción extra con hormigón como un todo, la construcción de pozos purineros sería el ítem de mayor inversión.

Para el grupo 2a, el ítem de mayor inversión fue la construcción de pozos purineros de hormigón equivalentes, seguido por la construcción de techumbres, luego por la

construcción de volumen extra de almacenamiento y finalmente por la adquisición de maquinaria de distribución de purines.

El grupo 4a, mostró el mayor monto de inversión en el ítem construcción de pozos equivalentes de hormigón, seguido por la construcción de techumbres y finalmente por la adquisición de maquinaria de distribución de purines.

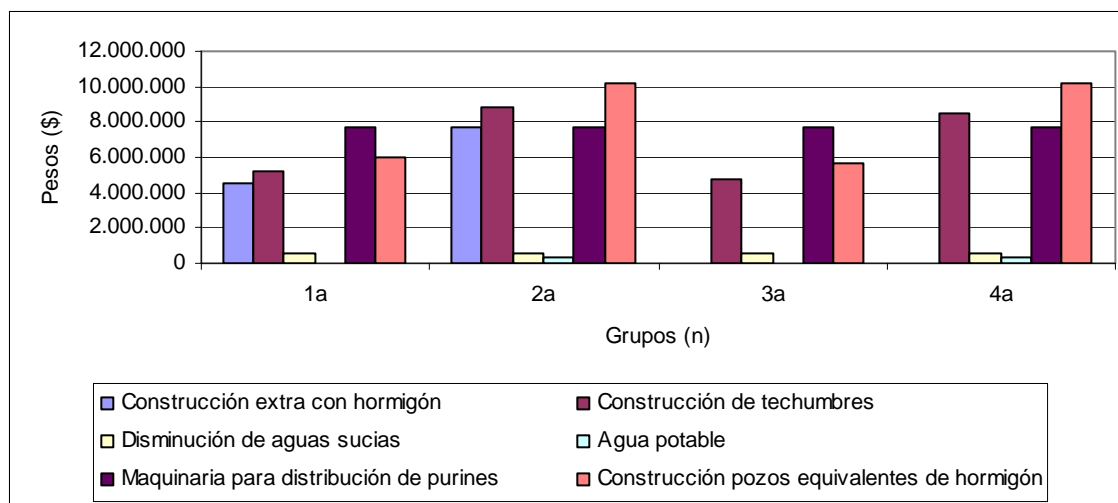


FIGURA 19 Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de hormigón y techumbre.

En la Figura 20 se aprecia que, para la opción construcción de pozos de PVC con techado de estructuras, los grupos 1a y 3a arrojaron que los sistemas de distribución de purines representaban la mayor inversión, seguidos por la construcción de techumbres y luego por la construcción de pozos purineros.

Los grupos 2a y 4a, mostraron que la construcción de techumbres fue el ítem de mayor inversión, seguido por la adquisición de maquinaria de distribución de purines y luego por la construcción de pozos purineros.

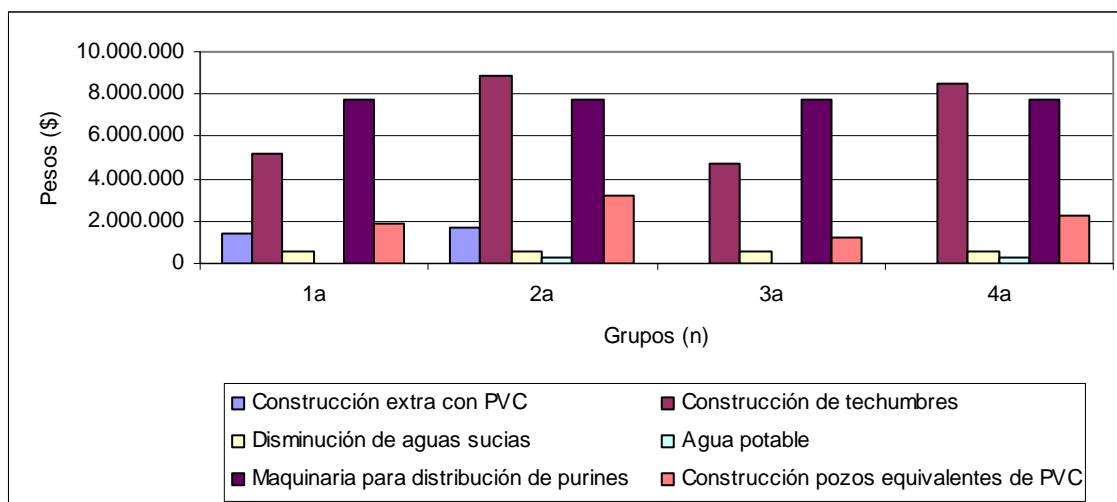


FIGURA 20 Desglose de la inversión para la sub-muestra 2 para pozos de PVC y techumbre.

4.2.9 Montos de inversión por vaca en ordeña. En el Cuadro 23 se presenta el indicador pesos de inversión por vaca en ordeña para las opciones pozos de hormigón y PVC sin techumbres para la sub-muestra 1. Se puede observar que para la opción pozos de hormigón sin techumbres, el mayor valor de inversión correspondió al grupo 9 con \$91.411/vaca, ya que este grupo realizaba confinamiento invernal (3,49 m³/vaca de capacidad de almacenamiento) y su pozo purinero no estaba impermeabilizado. El menor valor lo obtuvo el grupo 6 con \$14.673/vaca, debido a que este grupo realizaba confinamiento nocturno (5,7 m³/vaca de capacidad de almacenamiento) y su pozo purinero estaba impermeabilizado.

En cuanto a la opción pozos de PVC sin techar, el grupo 9 tuvo también el mayor valor, siendo este de \$38.076/vaca. El grupo 6 arrojó el menor valor con un monto de inversión de \$5.558 (Cuadro 23).

CUADRO 23 Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 1 en el primer escenario.

Sin techar hormigón y sin techar PVC			
Grupo (n)	Hormigón (\$/vaca)	Grupo (n)	PVC (\$/vaca)
9	\$ 91.411	9	\$ 38.076
8	\$ 90.759	8	\$ 34.124
10	\$ 82.063	12	\$ 33.648
12	\$ 79.019	5	\$ 27.955
2	\$ 78.355	2	\$ 27.028
5	\$ 77.106	10	\$ 21.799
13	\$ 52.046	13	\$ 18.156
1	\$ 48.929	1	\$ 16.079
11	\$ 48.193	11	\$ 15.933
7	\$ 30.345	7	\$ 12.551
4	\$ 25.106	4	\$ 9.278
3	\$ 16.797	3	\$ 6.059
6	\$ 14.673	6	\$ 5.558

En cuanto a la opción pozos de hormigón con techumbre (Cuadro 24), el grupo 8 mostró la mayor inversión de \$189.055/vaca, si bien este grupo contaba con pozo purinero impermeable y una capacidad de almacenamiento inicial de 5,7 m³ por vaca (mayor que la de confinamiento invernal y sin confinamiento), al implementarse techumbres y debido a que el grupo contaba con mayor capacidad de pozo, también era mayor la superficie a techar, por lo que los costos aumentaron.

El grupo 4 arrojó una inversión de \$38.067/vaca, la menor inversión de la sub-muestra 1 para esta opción, lo que se debió a que este grupo no realizaba confinamiento, su pozo estaba impermeabilizado, y al tener una menor capacidad de pozo también lo era la superficie a techar (Cuadro 24).

La opción con techumbre y PVC tuvo su mayor valor en el grupo 8 con \$164.171/vaca, y el menor, en el grupo 4 con \$38.067/vaca (Cuadro 24).

CUADRO 24 Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 1 en el segundo escenario.

Con techo hormigón y con techo PVC			
Grupo (n)	Hormigón (\$/vaca)	Grupo (n)	PVC (\$/vaca)
8	\$ 189.055	8	\$ 164.171
9	\$ 180.106	9	\$ 150.327
10	\$ 161.565	10	\$ 138.333
12	\$ 154.473	12	\$ 129.140
2	\$ 114.420	5	\$ 84.887
5	\$ 112.329	2	\$ 83.143
13	\$ 87.057	13	\$ 73.404
11	\$ 81.520	11	\$ 68.524
1	\$ 70.146	6	\$ 68.020
6	\$ 68.020	1	\$ 64.368
3	\$ 58.821	3	\$ 58.821
7	\$ 44.916	7	\$ 44.916
4	\$ 38.067	4	\$ 38.067

El Cuadro 25 muestra como, para las opciones pozos de hormigón o PVC sin techado, el grupo 1a fue el que presentó los mayores montos de inversión de la sub-muestra 2 (\$224.244/vaca para hormigón y \$128.728/vaca para PVC), esto debido a que necesitaba implementar una capacidad de almacenamiento mayor por presentar confinamiento invernal.

El grupo 4a, fue el que debía hacer la menor inversión por animal en ordeña (\$128.728 /vaca para hormigón y \$56.422/vaca para PVC), ya que no realizaba confinamiento y no requería de una capacidad de almacenamiento tan elevada.

CUADRO 25 Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 2 en el primer escenario.

Sin techar hormigón y sin techar PVC			
Grupo (n)	Hormigón (\$/vaca)	Grupo (n)	PVC (\$/vaca)
1a	224.244	1a	128.728
2a	191.368	2a	95.852
3a	129.060	3a	82.700
4a	102.603	4a	56.422

En el Cuadro 26 se aprecia como para la opción pozos de hormigón o PVC con techado, la tendencia fue la misma que en el Cuadro 25, donde el grupo 1a presentó los mayores montos de inversión (\$247.715/vaca y \$173.030/vaca, respectivamente) debido a que al practicar confinamiento invernal, requería una mayor capacidad de almacenamiento y también una mayor superficie de techumbres.

La menor inversión fue la del grupo 4a (\$112.427/vaca para hormigón y \$79.684/vaca para PVC) ya que este grupo no realizaba confinamiento alguno y la superficie a techar era menor (Cuadro 26).

CUADRO 26 Costo por vaca en ordeña para implementar las medidas de PL para la sub-muestra 2 en el segundo escenario.

Con techo hormigón y con techo PVC			
Grupo (n)	Hormigón (\$/vaca)	Grupo (n)	PVC (\$/vaca)
1a	247.715	1a	173.030
2a	214.839	2a	135.859
3a	138.922	3a	106.052
4a	112.427	4a	79.684

En el estado de Missouri, Estados Unidos, BENET y OUSBURN (1994) estimaron que la inversión por vaca en ordeña de un sistema de almacenamiento de efluentes, considerando la construcción de un pozo purinero de hormigón, fue de \$123.729/vaca (1 US dollar = 526 pesos chilenos). Lo anterior, para un rebaño de 200 vacas lecheras, y una capacidad de almacenamiento de 6 meses. En dicho estudio solo se tomó en cuenta la infraestructura de almacenamiento.

Por otro lado, según DAIRY INDUSTRY (2005), en el oeste de Australia la construcción de un pozo de almacenamiento de efluentes, impermeabilizado con polietileno de alta densidad, arrojó un costo por vaca en ordeña de \$43.564/vaca (1 AUS dollar = 488 pesos chilenos). Lo anterior, para un rebaño de 500 vacas, y considerando seis meses de capacidad de almacenamiento.

Según, BENET y OUSBURN (1994), DAIRY INDUSTRY (2005) y NZDEC (2006), en Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda respectivamente, los costos de construir pozos purineros, impermeabilizados con suelo compactado fueron de \$29.096,35/vaca

(US dollar = 526 pesos chilenos), \$27.107/vaca (1 AUS dollar = 488 pesos chilenos) y \$35.913/vaca (1 NZ dollar = 384 pesos chilenos).

En relación a lo anterior, SALAZAR et al. (2003) señalan que los pozos purineros de tierra son ampliamente utilizados debido a su bajo costo y facilidad para modificar. Sin embargo, su uso ha sido criticado desde un punto de vista ambiental debido a su alto potencial de contaminación de aguas subterráneas a través de la lixiviación de nitratos.

La información publicada respecto a costos se restringe fundamentalmente a la construcción de pozos purineros, pero es limitada o inexistente en lo que se refiere al control de efluentes de lechería o el cumplimiento de programas de producción limpia en predios lecheros.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio es posible concluir lo siguiente:

La situación inicial de los predios en cuanto al cumplimiento de Producción Limpia reveló que ninguno contaba con la capacidad de almacenamiento de purines necesaria para almacenarlos durante el período invernal, lo que significaba un riesgo medioambiental debido a los posibles escurrimientos y percolación de contaminantes a corrientes superficiales y aguas subterráneas. Los grupos que no realizaban confinamiento y los que realizaban confinamiento invernal contaban con una capacidad de almacenamiento de purines menor que los grupos con confinamiento todo el año y nocturno.

Las variables de mayor influencia en la implementación de medidas de Producción Limpia fueron la presencia de pozo purinero, el tamaño adecuado del pozo purinero, la disminución de las aguas lluvias, la presencia de maquinaria para la distribución de purines, la disminución de las aguas de lavado y el adecuado abastecimiento de agua potable. De ellas, la que influía en mayor medida en el costo de inversión fue, para casi todos los grupos, la construcción e impermeabilización de pozos purineros.

Para todos los predios evaluados, la opción mas cara fue la construcción e impermeabilización de pozos purineros con hormigón y techado de las estructuras expuestas a precipitaciones, mientras que la opción mas barata fue la construcción e impermeabilización de pozos purineros con PVC, sin el techado de las estructuras expuestas a precipitaciones.

Para la sub-muestra 1 (compuesta por 13 grupos de predios con pozo purinero y maquinaria para distribución de purines) el costo asociado a implementar medidas de PL fluctuó entre \$67.857.181 para el grupo 10, considerando la opción mas cara que fue construir e impermeabilizar los pozos purineros con hormigón techando las estructuras expuestas a precipitaciones y, \$2.354.323 para el grupo 4, considerando la opción mas barata que fue construir e impermeabilizar los pozos purinero con PVC y no techar las estructuras expuestas a precipitaciones.

Para la sub-muestra 2 (compuesta por 4 grupos de predios sin pozo purinero y sin maquinaria para distribución de purines) el costo asociado a implementar medidas de PL fluctuó entre \$35.233.639 para el grupo 2a, considerando la opción mas cara que fue construir los pozos purineros con hormigón techando las estructuras expuestas a precipitaciones, y \$11.081.831 para el grupo 3a, considerando la opción mas barata que fue construir pozos de PVC y no techar las estructuras expuestas a precipitaciones.

Para la sub-muestra 1 el grupo que presentó la mayor inversión por vaca en ordeña fue el grupo 8 con un valor de \$189.055, y el que presentó la menor inversión, fue el grupo 6 con una inversión por vaca de \$5.558. Los grupos de la sub-muestra 2 debían realizar una inversión promedio mayor, ya que ninguno contaba con pozo purinero. Ésta inversión fluctuó entre \$247.715/vaca para el grupo 1a, el cual debía realizar la mayor inversión, y \$56.422 para el grupo 4a que fue el que arrojó la menor inversión.

6 RESUMEN

En la presente investigación se utilizó una muestra de 100 predios lecheros de mediana y alta producción, para dimensionar los requerimientos tecnológicos y los costos, asociados a implementar Producción Limpia en base a la normativa actual chilena o en su defecto a la normativa internacional.

Los predios fueron organizados en dos sub-muestras, la sub-muestra 1 compuesta por 13 grupos de predios que contaban con pozo purinero, y la sub-muestra 2 compuesta por cuatro grupos de predios que no contaban con pozo purinero.

El trabajo constó de un estudio técnico con el fin de identificar distintos grupos de predios tomando en cuenta su nivel de cumplimiento en cuanto a las variables de Producción Limpia y las distintas opciones tecnológicas presentes en el mercado, y en un estudio económico, donde se utilizó la información del estudio técnico para estimar los montos de inversión para cada grupo de predios con el objeto de dar cumplimiento a los requerimientos de la Producción Limpia.

Las principales variables que influyeron en el costo de inversión al implementar medidas de Producción Limpia fueron la presencia de pozo purinero, el tamaño adecuado de éste, la disminución de las aguas lluvias, la presencia de maquinaria para la distribución de purines y el adecuado abastecimiento de agua potable.

La situación inicial de los predios en cuanto al cumplimiento de medidas de PL reveló que ninguno de los predios contaba con la capacidad de almacenamiento de purines necesaria para almacenarlos durante el período invernal.

Los costos asociados a implementar medidas de PL arrojados por el estudio fluctuaron entre \$67.857.181, considerando la opción mas cara que fue el techado de las estructuras construyendo e impermeabilizando pozos purineros con hormigón y, \$2.354.323, considerando la opción mas barata que fue construir e impermeabilizar los pozos purinero con PVC y no techar las estructuras afectas a precipitaciones.

SUMMARY

This study main objective was to estimate, for a sample of 100 dairy farms of high and medium levels of milk production, technological requirements and the associated costs, of implementing Cleaner Production under Chilean and international regulations.

This thesis had two parts, a technical analysis, used to identify different groups of farms taking into account their level of implementation of Cleaner Production measures and the different technological options available in the market. And, an economical analysis, in which the information of the technical study was used to estimate the investment amounts for each group of farms so they can comply with the Cleaner Production requirements.

The farms were organized into two smaller samples, sample 1 that was composed by 13 groups of farms that had manure storage facilities, and sample 2 composed by 4 groups of farms that didn't have manure storage facilities.

The main variables of Cleaner Production that influenced the cost of implementing Cleaner Production were, the availability of manure storage facilities, the size of the manure storage facilities, the reduction of wash waters and rainfall, the availability of manure distribution systems and the presence of drinking water in the dairy shed.

The initial situation of compliance according to Cleaner Production measures showed that none of the farms had the manure storage capacity to store the manure during winter season.

The costs associated to implement Cleaner Production showed by the study oscillated between \$67.857.181, considering the most expensive option that was roofing the structures and constructing and lining the manure storage facilities with concrete and, \$2.354.323, considering the cheapest option that was constructing and lining the manure storage facilities with PVC without roofing the structures.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ALAMOS, A. 2004. Evaluación de la producción estacional de leche en la Décima Región sur. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Economía Agraria. 36 p.
- ANRIQUE, R. 1999. Caracterización del Chile lechero. Instituto de Producción Animal. Universidad Austral de Chile. pp 140-157.
- AUSTRALIA, DAIRY INDUSTRY. 2005. Dairy effluent guideline 20: Costs. South East dairy effluent guidelines. South East Australia Dairy Industry. 6p.
- BARRIENTOS, M. 2005. Diseño de una estrategia de producción limpia para la lechería del fundo Vista Alegre. Tesis Licenciado en Mecánica. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ingeniería. 60 p.
- BARRINGTON, S; DENIS, J y PATNI, N. 1991. Leakage from two concrete manure tanks. Canadian Agricultural. Engineering. 33: 137-141.
- BENNETT, M y OSBURN, D. 1994. Economic Considerations for Dairy Waste Management Systems. Department of Agricultural Economics. University of Missouri...Estados..Unidos...(On..line)..<(http://extension.missouri.edu/explore/envqual/wq0302.htm > (20 May. 2008).
- CARO, L. 2007. Política de producción limpia al 2010. Revista alumno. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. 2: 19-23.
- CASTRO, F. 2006. Producción limpia. Induambiente. (On line). <http://www.induambiental.cl/1615/propertyvalue-37263.html>. (15 May. 2006).

- CARRILLO, C. 2006. Comportamiento de las variables de producción limpia en predios lecheros de alta producción de la Décima Región. Tesis Licenciado en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 132 p.
- CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA. 2006. Producción limpia,..prevención..y..eficiencia...(On..line)..<http://www.pl.cl/que_es_pl/objetivos.asp>. (20 jun. 2006).
- CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCIÓN LIMPIA. 2001. Balance y perspectivas 2001-2010 24p (On..line) <[www.pl.cl/docs/Balance%20y%20Perspectivas %202001-2010.pdf](http://www.pl.cl/docs/Balance%20y%20Perspectivas%202001-2010.pdf)>. (20 jun. 2006).
- CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA. 2006. Definición de Producción Limpia. (On line). <<http://www.pl.cl/index2.html>>. (20 jun. 2006).
- CHILE, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION LIMPIA. 2006. Productores de leche de la X Región firman convenio para diagnóstico de APL. (On line). <www.pl.cl/noticias.asp?cod_not=176>. (15 abr. 2006).
- CHILE, CORPORACION DE FOMENTO DE FOMENTO DE LA PRODUCCION (CORFO). 2006. Fomento a la calidad. (On line). <www.corfo.cl/index.asp?seccion=1&id=1613>. (3 oct. 2006).
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA (INE). 2004. Resumen de temperaturas y precipitación, por estación metereológica. (On line). <www.ine.cl/canales/chile_estadistico/territorio/regiones/r10/X/Formateadas_X/catalogo%20diez.xls>. (3 jul. 2007).
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (INIA). 2005. Lecheros avanzan hacia acuerdo de producción limpia. (On line). <www.inia.cl/remehue/noticias/lecheros_produccion_limpia.cfm>. (20 jun. 2006).

- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (INIA). 2005. Recomendaciones técnicas para la gestión ambiental en el manejo de purines de la explotación porcina. Centros regionales de investigación Carillanca y La Platina. 206 p.
- CHILE, INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN PREVISIONAL. 1999. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias Básicas en los Lugares de Trabajo, D.S N°594. 55 p.
- CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2003. Especificaciones técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas “Bovinos de Lechería”. Editado por la comisión nacional de buenas prácticas agrícolas. Santiago - Chile. 34 p.
- CHILE, MINISTERIO DE ECONOMÍA. 2001. Política nacional de fomento a la producción limpia. 2001-2005 .2p. (On line) .<[www.produccionlimpia.cl/patio/documentos/docus/u7/DS No_414.pdf](http://www.produccionlimpia.cl/patio/documentos/docus/u7/DS_No_414.pdf)>. (3 oct. 2006).
- CHILE, MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. 2005. Ley N° 19.300 sobre bases generales del medio ambiente. Ediciones Publibey. Chile. 190 p.
- CHILE, MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. 2001. Norma de Emisión para la regulación de Contaminantes Asociados a las descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. D.S N° 90/01. Gobierno de Chile. Santiago. Chile. 17 p.
- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2006. Semejanzas y diferencias, entre PL y BPA. (On-line). <www.sag.gob.cl/portal/page?_pageid=133,62453&_dad=portal&_schema=PORTAL>. (20 may. 2006).
- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2005. Análisis general del impacto económico de la norma secundaria de calidad aguas en la cuenca del río Bío Bío, en el sector silvoagropecuario. 74 p.

- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2001. Guía de manejo y buenas prácticas para el sector lechero de la zona central. 23 p.
- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 2006. Guía de recomendaciones manejo de purines de lechería. 8 p.
- CHILE, SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS (SISS). 2006. El control de Riles. Seminario: Políticas públicas, trazabilidad y producción limpia en el sector lácteo chileno: perspectivas y desafíos. Universidad Austral de Chile, Instituto de Economía Agraria. Valdivia. Chile. 29 p.
- DURÁN, Y. 2004. Definición y evaluación de criterios para priorizar acuerdos de producción limpia en los sectores productivos del país. Tesis Licenciado en Recursos Naturales. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 153 p.
- DUMONT, J.C. 2000. Manejo eficiente de purines. Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro regional de investigación Remehue. Informativo Remehue. 21: 1-4.
- DUMONTT, J. C. 1998. Planificación predial económica, técnica y ambiental de purines. Seminario taller. Instituto de investigación agropecuaria. Centro regional de investigación Remehue, Osorno. Serie Remehue. 78: 20-25.
- DUPUY, D. 1997. Technological change and environmental policy: the diffusion of environmental technology. *Grow and change*. 28: 49-66.
- FULLGAHE, C. 1997. Manure management considerations for expanding dairy herds. *Journal of dairy science*. 80: 1872-1879.

- GALLARDO, J.C. 2006. Producción limpia. Seminario: Políticas públicas, trazabilidad y producción limpia en el sector lácteo chileno: perspectivas y desafíos. Universidad Austral de Chile, Instituto de Economía Agraria. Valdivia. Chile. 25 p.
- GIBSON, C. 1995. Farm dairy effluent management. New Zealand dairy exporter. 72: 22-24.
- GRUNDEY, K 1982. El tratamiento de los residuos agrícolas y ganaderos. Ediciones GEA Barcelona. pp 278-280.
- HENRIQUEZ, L. 2006. El control de RILES. Superintendencia de servicios sanitarios. Unidad ambiental. 29 p.
- HERNÁNDEZ, R; FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, L. (1991). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill. México. 376 p.
- HICKS, C y DIETMAR, R. 2007. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. Journal of cleaner production. 15: 395-408.
- INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 1997. Eco-efficiency and cleaner production: charting the course to sustainability. The world business council for sustainable development. United Nations Development..Programme...(On-line)...<<http://www.iisd.ca/consume/unep.html>>. (20 jun. 2006).
- JARVIS, S. 2007. Practice and management for reducing greenhouse gases: options and challenges. Institute of grassland and environmental research. Inglaterra. Seminario: Efectos de la intensificación de los sistemas ganaderos. Instituto de investigación agropecuaria. Centro regional de investigación Remehue. Osorno. Chile. 33 p.

- KHANNA, M. 2001. Non-mandatory approaches to environmental protection. *Journal of economic surveys*. 3: 291-324.
- KERR, S y NEWELL, R. 2003. Policy-induced technology adoption: evidence from the U.S. lead phasedown. *The Journal of industrial economics*. 3:317-343.
- LONGHURST, R; O'CONNOR, M y ROBERTS, A. 1999. Farm dairy effluent: recent research studies in the Waikato. En: Currie, L.D. y Loganntahn, P. (eds.). *Best soil management practices for production*. Massey University Fertilizer and Lime Research Centre. *Ocassional Report*. 12: 273-282.
- MEYER, D. 2000. Dairying and environment. *Journal of dairy science*. 83: 1419-1427.
- MERKEL, J.A. 1981. *Managing livestock wastes*. AVI Publishing Company, Westport. Connecticut. 419 pp.
- NEW ZEALAND, DAIRYING AND THE ENVIRONMENT COMMITTEE (NZDEC). 2006. *Guide for managing dairy farm effluents*. 223 p.
- OENEMA, O. 2007. *Nutrient management and policy*. Alterra University. Holanda. Seminario: Efectos de la intensificación de los sistemas ganaderos. Instituto de investigación agropecuaria. Centro regional de investigación Remehue. Osorno. Chile. 40 p.
- PRINS, W y SNIJDERS, P. 1987. Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading and injection. En: Van der Meer, H. Unwin, R. Van Dijk, T. Enik, G. (eds.). *Animal manure on grassland and fodder crops: fertilizer or waste?* Kluwe academic publishers, Dordrecht (The Netherlands). pp 119-135.
- REINHARD, C; KNOX, L Y GEERT, T. 1999. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: An application to dutch dairy farms. *American journal of agricultural economics*. 81: 44-60.

- RAHELIZATOVO, N. 2002. Adoption of best management practices in the Louisiana dairy industry. Dissertation department of agricultural economics and agribusiness. Louisiana State University. pp 47-80.
- SALAZAR, F; DUMONT, J.C; SANTANA, A; PAIN, B.F; CHADWICK D.R. y OWEN, E. 2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de lecherías en el sur de Chile. Archivos de medicina veterinaria. 32 (2): 215-225
- SALAZAR, F. 2007. Aspectos ambientales y producción limpia en predios lecheros. Primer simposio Bayer. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 51 p.
- SCHULTE, D. 1998. Do earthen structures leak?. UNL's Livestock Environmental Issues Committee. Manure Matters. 4(1): 1-4
- SEGERSON, K. 1999. Mandatory versus voluntary approaches to food safety. Agribusiness. 15: 53-70.
- SMITH, K; BREWER, A; CRABB, J y DAUVEN, A. 2001. A critical appraisal of animal manure management practice in England and Wales; III. Cattle manure from dairy and beef enterprises. Soil use manage 17: 77-87.
- SMITH, R; MOREIRA, V Y LATRILLE, L. 2002. Caracterización de sistemas productivos lecheros en la X región de Chile mediante análisis multivariable. Agricultura técnica. 62(3): 375-395.
- UNITED STATES OF AMERICA, CLEANER PRODUCTION INTERNATIONAL. 2006. Producción más limpia, una historia corta de producción más limpia. The sustainable business .CD. Library. (On..line). <<http://cleanerproduction.com/espanol/espanol.htm>>. (20 may. 2006).
- UNITED STATES OF AMERICA, MINNESOTA POLLUTION CONTROL AGENCY. 2001. Effects of liquid manure storage systems on ground water. 44 p.

UNITED KINGDOM, DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (DEFRA). 1998. Code of Good Agricultural Practice for the Prevention of Pollution of Water. London. United Kingdom. (On line). <www.defra.uk/environ/cogap.htm>. (4 mar. 2007).

UNITED NATIONS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (UNEP). 2006. Cleaner Production: Key Elements. (On line). <www.uneptie.org/PC/cp/understanding_cp/home.htm> (20 jun. 2006).

UNITED NATIONS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (UNEP). 2006. The Cleaner Production Network. (On-line). <www.uneptie.org/pc/cp/network/home.htm>. (20 jun. 2006).

WORLD BUSINESS COUNCIL OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). 1996. Eco-efficiency and cleaner production, Environment programme. 18p. (On line)...<www.wbcsd.org/DocRoot/1DDGt2IEgcAOJTuu6dln/eecleanerprod.pdf>. (20 jul. 2006).

ANEXO 1

CÁLCULO DEL APORTE DE LAS PRECIPITACIONES PARA LA SUB-MUESTRA 1.

Grupos (n)	Superficies expuestas (m ²)	Precipitaciones promedio año (mm)	Ecuación 3.2 (m ³ /pp/mes)	Nº vacas (n)	Precipitaciones (L/vaca/día)
1	2141	1570	336	620	18
2	1340	1570	210	493	14
3	2125	1570	334	615	18
4	648	1570	102	272	12
5	1386	1570	218	510	14
6	3107	1570	488	900	18
7	514	1570	81	216	12
8	949	1570	149	275	18
9	852	1570	134	313	14
10	2244	1570	352	650	18
11	592	1570	93	249	12
12	759	1570	119	279	14
13	591	1570	93	248	12

CÁLCULO DEL APORTE DE LAS PRECIPITACIONES PARA LA SUB-MUESTRA 2.

Grupos (n)	Superficies expuestas* (m ²)	Precipitaciones promedio año (mm)	Ecuación 3.2 (m ³ /pp/mes)	Nº vacas (n)	Precipitaciones (L/vaca/día)
1a	263	1570	41	97	14
2a	445	1570	70	164	14
3a	319	1570	50	134	12
4a	574	1570	90	242	12

ANEXO 2

CONSTRUCCIÓN DE POZO PURINERO DE PVC



ANEXO 3

PALA MECÁNICA DE RASPADO PARA PATIOS DE ALIMENTACIÓN.



ANEXO 4

GALPÓN DE ESTRUCTURA LIVIANA

