

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LA
AGROINDUSTRIA PECUARIA DE ZAMORANO**

P O R

Marco Antonio Fuentes Peducassé

T E S I S

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EL ZAMORANO, HONDURAS

ABRIL, 1995

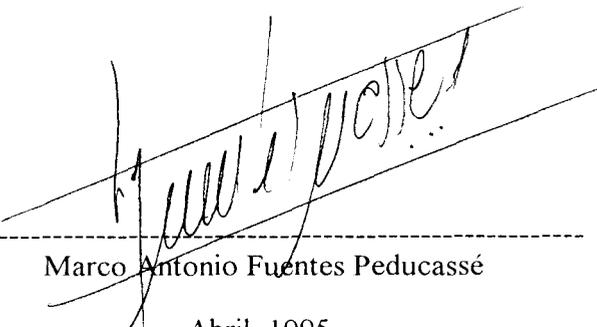
T 524

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES DE LA
AGROINDUSTRIA PECUARIA DE ZAMORANO**

Por:

MARCO ANTONIO FUENTES PEDUCASSÉ

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana los derechos para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines se reservan los derechos del autor.



Marco Antonio Fuentes Peducassé
Abril, 1995.

DEDICATORIA

A la gracia de Dios por darme la suerte de contar con la presencia constante de la persona mas importante en mi vida, mi madre.

A Miguel Peducassé, te tendré siempre conmigo.

A Whitney por su presencia.

A todos aquellos que contribuyen con sus esfuerzos a formular e implementar estrategias de desarrollo sostenible para los recursos naturales.

AGRADECIMIENTOS

A la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, GTZ a través del proyecto EAP-República Federal de Alemania por haber financiado mis estudios en esta etapa de mis estudios profesionales.

A los doctores Alonso Moreno, Jay Hughes y George Pilz por haber depositado en mi la confianza necesaria para continuar con mis aspiraciones profesionales en Zamorano.

A toda mi familia, en especial a Mary y Dante por haber impulsado en mí los deseos de salir adelante siempre por sobre todas las dificultades.

A Janeth Moncada Paz por su invaluable apoyo y ayuda en la realización de los éxitos alcanzados en mi preparación profesional, el resultado de tu colaboración ayudó a conseguir este trabajo..los méritos de este trabajo también te corresponden.

Al personal docente del Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica (Timothy R. Longwell, Silvia C. Chalukian, Johann Kammerbauer, Michael D. Lee y Nelson Agudelo), por haberme apoyado para terminar mis estudios en Zamorano.

A Timothy, Silvia y Janeth por haberme apoyado en todo sentido en momentos difíciles.

A mis asesores Michael Lee, Alison Thomas, Johann Kammerbauer y Aurelio Revilla por el innegable apoyo al trabajo realizado y por haberme guiado en la realización de este trabajo.

De forma especial a Alison Thomas y Michael Lee por todas sus enseñanzas en el transcurso de la realización de esta etapa de mi carrera profesional.

A Tim Bartlett y Glenn Hyman por sus enseñanzas y apoyo en la realización de este trabajo.

A los trabajadores de Zootecnia y todas aquellas personas que colaboraron con el levantamiento de la información de campo.

A mis compañeros *Los Pioneros*, con los que iniciamos con la preparación zamorana en el campo del Manejo de los Recursos Naturales y la Conservación Biológica.

A las familias Hurtubise y Calderón por el apoyo que me brindaron en todo el tiempo de mi permanencia en Honduras.

A mi **ALMA MATER** por haberme formado profesionalmente y como persona.

INDICE GENERAL

	Pag.
TITULO	i
APROBACION	ii
DERECHOS DE AUTOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCION	1
1.1. <u>Consideraciones Generales</u>	1
1.2. <u>Alcances del Estudio</u>	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. <u>Medio Ambiente y Contaminación</u>	3
2.1.1. <u>Aspectos Generales</u>	3
2.1.2. <u>Concepto de Contaminación del Agua</u>	6
2.1.3. <u>Definición de Sustancia Tóxica</u>	6
2.1.4. <u>Fuentes de Contaminación</u>	7
2.1.4.1. <u>Puntual</u>	7
2.1.4.2. <u>No Puntual</u>	9
2.1.5. <u>Uso de la Tierra y Contaminantes Potenciales</u>	9
2.1.6. <u>Ciclo Hidrológico y Transporte de Contaminantes</u>	11
2.1.7. <u>Flujos y Naturaleza de las Aguas Residuales en la Industria</u>	13
2.2. <u>Causas y Tipos de Contaminación del Agua por Incidencia Agropecuaria</u>	14
2.2.1. <u>Tipos de Contaminantes</u>	14
2.2.1.1. <u>Sólidos en Suspensión</u>	14
2.2.1.2. <u>Componentes Químicos</u>	14
2.2.1.3. <u>Organismos Vivos</u>	15

2.2.2.	<u>Principales Contaminantes Agropecuarios.</u>	15
2.2.2.1.	<u>Fertilizantes.</u>	16
2.2.2.1.1.	<u>Compuestos de Nitrógeno.</u>	16
2.2.2.1.2.	<u>Compuestos de Fósforo.</u>	17
2.2.2.1.3.	<u>Compuestos de Potasio.</u>	17
2.2.2.2.	<u>Pesticidas.</u>	18
2.2.2.3.	<u>Residuos Animales.</u>	18
2.2.2.4.	<u>Riego.</u>	19
2.2.3.	<u>La Industria Agropecuaria.</u>	20
2.3.	<u>Caracterización de Aguas Residuales.</u>	21
2.3.1.	<u>Efluentes Municipales.</u>	21
2.3.2.	<u>Efluentes Agroindustriales.</u>	22
2.4.	<u>Control de Desechos Líquidos.</u>	24
2.4.1.	<u>Métodos de Control.</u>	25
2.4.1.1.	<u>Minimización de Desechos.</u>	25
2.4.1.1.1.	<u>Limpieza y Mantenimiento.</u>	25
2.4.1.1.2.	<u>Cambio de Materias Primas.</u>	26
2.4.1.1.3.	<u>Modificaciones en el Proceso de Producción.</u>	26
2.4.1.1.4.	<u>Reutilización.</u>	26
2.4.1.2.	<u>Tratamiento de Desechos.</u>	27
2.4.1.2.1.	<u>Tratamiento Primario.</u>	27
2.4.1.2.2.	<u>Tratamiento Secundario.</u>	30
2.4.2.	<u>Criterios para la Selección del Método Apropriado.</u>	34
2.4.3.	<u>Clasificación de los Tipos de Tratamiento de Desechos Líquidos.</u>	34
2.5.	<u>Normas para Efluentes.</u>	36
2.6.	<u>Derecho de Descarga.</u>	37
III.	<u>MATERIALES Y METODOS</u>	39
3.1.	<u>Ubicación Geográfica.</u>	39
3.2.	<u>Contexto General.</u>	39
3.3.	<u>Hidrografía.</u>	41
3.3.1.	<u>Quebradas Receptoras de Desechos.</u>	41
3.3.2.	<u>Contexto de La Chorrera en el Area de Estudio.</u>	41
3.4.	<u>Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.</u>	43
3.5.	<u>Delimitación y Período de Realización.</u>	45
3.6.	<u>Diseño del Estudio.</u>	45
3.7.	<u>Recolección de Muestras.</u>	46
3.7.1.	<u>Tipos de Muestreo.</u>	46
3.7.1.1.	<u>Muestreo Simple.</u>	46
3.7.1.2.	<u>Muestreo Compuesto.</u>	47
3.7.2.	<u>Caudal.</u>	48
3.7.3.	<u>Estimaciones de Consumo.</u>	49

3.8.	<u>Caracterización de la Calidad de las Descargas.</u>	50
3.8.1.	<u>Calidad Físico Química.</u>	50
3.8.1.1.	<u>Temperatura y Potencial de Hidrógeno.</u>	51
3.8.1.2.	<u>Turbidéz.</u>	51
3.8.1.3.	<u>Sólidos Suspendidos.</u>	52
3.8.2.	<u>Calidad Bioquímica.</u>	53
3.8.2.1.	<u>Oxígeno Disuelto.</u>	54
3.8.2.2.	<u>Demanda Bioquímica de Oxígeno.</u>	54
3.8.2.3.	<u>Demanda Química de Oxígeno.</u>	56
3.8.2.4.	<u>Aceites y Grasa.</u>	56
3.8.2.5.	<u>Nitratos.</u>	57
3.9.	<u>Análisis de los Resultados.</u>	57
3.9.1.	<u>Análisis Estadístico.</u>	59
3.9.2.	<u>Análisis Comparativo.</u>	60
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION.</u>	61
4.1.	<u>Procesos Generadores de Desechos Líquidos en el Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.</u>	61
4.1.1.	<u>Plantas Procesadoras.</u>	61
4.1.1.1.	<u>Planta de Industrias Lácteas.</u>	61
4.1.1.2.	<u>Planta de Industrias Cárnicas.</u>	65
4.1.2.	<u>Unidades de Producción Animal.</u>	69
4.1.2.1.	<u>Establo de Ordeño.</u>	70
4.1.2.2.	<u>Unidad Vieja de Cerdos.</u>	73
4.1.2.3.	<u>Matadero de Aves.</u>	76
4.1.2.4.	<u>Unidad de Cabras.</u>	79
4.2.	<u>Volúmenes de Descarga.</u>	81
4.2.1.	<u>Plantas Procesadoras y Unidades de Producción Animal.</u>	81
4.2.2.	<u>Salida Común del Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.</u>	88
4.3.	<u>Caracterización de las Variables Físico-Químicas de las Descargas.</u>	90
4.3.1.	<u>Variables Físico-Químicas de los Efluentes de las Plantas Procesadoras y Unidades de Producción Animal.</u>	91
4.3.1.1.	<u>Análisis Estadístico de las Variables Físico-Químicas.</u>	91
4.3.1.1.1.	<u>pH.</u>	92
4.3.1.1.2.	<u>Turbidéz.</u>	95
4.3.1.1.3.	<u>Temperatura.</u>	98
4.3.1.2.	<u>Sólidos Suspendidos.</u>	99
4.3.2.	<u>Variables Físico-Químicas de la Salida Común del Sistema de Alcantarilla</u>	103

4.4. <u>Caracterización de las Variables Bioquímicas de las Descargas.</u>	105
4.4.1. <u>Variables Bioquímicas de los Efluentes de las Plantas Procesadoras y Unidades de Producción.</u>	105
4.4.1.1. <u>Oxígeno Disuelto.</u>	106
4.4.1.2. <u>Demanda Química de Oxígeno.</u>	109
4.4.1.3. <u>Demanda Bioquímica de Oxígeno.</u>	112
4.4.1.4. <u>Aceites y Grasas.</u>	117
4.4.1.5. <u>Nitratos.</u>	119
4.4.2. <u>Variables Bioquímicas de la Salida Común del Sistema de Alcantarilla.</u>	120
4.4.2.1. <u>Concentraciones y Cargas Contaminantes.</u>	120
4.4.2.2. <u>Variabilidad de la DBO Durante una Jornada de Trabajo.</u>	123
V. CONCLUSIONES	128
VI. RECOMENDACIONES.	132
VII. BIBLIOGRAFIA	136
VIII. ANEXOS	141

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Relación de los principales tipos de contaminantes, de acuerdo a diferentes actividades que ejercen influencia en la calidad del agua.....	10
Cuadro 2. Valores esperables en la composición típica de aguas residuales municipales.....	22
Cuadro 3. Rangos de concentraciones esperables en desechos de porquerizas.....	24
Cuadro 4. Métodos de tratamiento de mayor aplicación de acuerdo a los desechos que remueve.....	28
Cuadro 5. Características de algunos efluentes líquidos agroindustriales.....	35
Cuadro 6. Agrupamiento de los valores logarítmicos de turbidez según el instrumento de medición.....	52
Cuadro 7. Días de generación de desechos en cada unidad agropecuaria analizada en el estudio.....	59
Cuadro 8. Consumo de agua del conjunto de actividades realizadas en el área de Zootecnia.....	83
Cuadro 9. Descarga semanal de desechos líquidos en las unidades agropecuarias de Zamorano.....	84
Cuadro 10. Volúmenes de descarga total durante 12 horas de de muestreo en cada observación.....	89
Cuadro 11. Caracterización de las variables fisico químicas, en cada una de las unidades agropecuarias.....	91
Cuadro 12. Análisis de varianza fisico-químicos de las cargas, considerando como fuente de variación las unidades agropecuarias.....	92
Cuadro 13. Ordenamiento de las unidades y plantas de producción pecuaria con base en la prueba SNK de separación de medias, (pH).....	93
Cuadro 14. Ordenamiento de las unidades y plantas de producción pecuaria con base en la prueba SNK de separación de medias, (turbidez).....	96
Cuadro 15. Caracterización de las variables fisico-químicas de la descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.....	103
Cuadro 16. Caracterización de las variables bioquímicas en cada una de las unidades agropecuarias.....	106
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable OD, considerando como fuente de variación las unidades agropecuarias.....	106
Cuadro 18. Variables bioquímicas de la descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.....	120
Cuadro 19. Comportamiento de la DBO durante una jornada típica de producción en la descarga en la alcantarilla de Zootecnia.....	124

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Representación conceptual de la actividad humana, sus relaciones y energía.....	5
Figura 2. Respuesta de las descargas no puntuales de contaminantes de una cuenca, a la influencia de la hidrología y uso de la tierra.....	12
Figura 3. Mapa general de la Escuela Agrícola Panamericana.....	40
Figura 4. Mapa de la red de alvantarillado de Zootecnia.....	44
Figura 5. Volúmenes de descarga semanal en cada planta y unidad agropecuaria analizada.....	85
Figura 6. Proporción de los volúmenes de descarga semanal.....	86
Figura 7. Volúmenes de descarga de desechos líquidos durante una jornada de producción agropecuaria.....	87
Figura 8. Tendencia de los volúmenes de descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.....	90
Figura 9. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a las características de pH, basado en la prueba SNK de separación de medias.....	94
Figura 10. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a las características de turbidez, basado en la prueba SNK de separación de medias.....	97
Figura 11. Concentración de sólidos suspendidos en las unidades agropecuarias analizadas.....	101
Figura 12. Carga semanal de sólidos suspendidos en las unidades agropecuarias analizadas.....	102
Figura 13. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a la característica de OD basado en la prueba SNK de separación de medias.....	108
Figura 14. Concentración de DQO en las unidades agropecuarias analizadas.....	110
Figura 15. Carga semanal de DQO en las unidades agropecuarias analizadas.....	111
Figura 16. Concentración de DBO en las unidades agropecuarias analizadas.....	113
Figura 17. Relación entre la concentración de DQO y DBO.....	114
Figura 18. Carga semanal de DBO en las unidades agropecuarias analizadas.....	116
Figura 19. Concentración de aceite y grasas en las plantas de producción pecuaria.....	117
Figura 20. Carga semanal de aceite y grasas en las plantas de producción pecuaria.....	119
Figura 21. Concentraciones de contaminantes del sistema de alcantarilla de Zootecnia.....	122
Figura 22. Variaciones de las concentraciones de DBO en la descarga de la alcantarilla de Zootecnia durante 12 horas de descarga.....	125
Figura 23. Variaciones de las cargas de DBO en la descarga de la alcantarilla de Zootecnia durante 12 horas de descarga.....	126

INDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Líneas de actuación para la protección de la de la calidad de las aguas frente a los residuos animales.....	141
Anexo 2. Características de las aguas de desecho producidas por la actividad agroindustrial agropecuaria.....	142
Anexo 3. Características típicas de efluentes agropecuarios relacionando los volúmenes de producción y consumo de agua.....	143
Anexo 4. Parámetros que deben controlarse en los efluentes industriales.....	144
Anexo 5. Normas recomendadas para la descarga de desechos líquidos.....	145
Anexo 6. Esquema de los principales impactos en la quebrada "La Chorrera".....	148
Anexo 7. Recomendaciones para la toma de muestras.....	149
Anexo 8. Frecuencia y número de observaciones de acuerdo a los tipos de muestreo realizados.....	151
Anexo 9. Procesos de producción de la Planta de Industrias Lácteas.....	152
Anexo 10. Procesos de producción de la Planta de Industrias Cárnicas.....	163
Anexo 11. Procesos de producción del Establo de Ordeño.....	168
Anexo 12. Procesos de producción de la Unidad Vieja de Cerdos.....	170
Anexo 13. Procesos de producción del Matadero de Aves.....	172
Anexo 14. Procesos de producción de la Unidad de Cabras.....	174

RESUMEN

Toda actividad agrícola y agroindustrial acarrea consigo un sin número de efectos secundarios en la producción de desechos, liberación de sustancias tóxicas, acumulación de desperdicios y otros; debido a esto los impactos en el manejo sostenible de los recursos variarán frecuentemente y serán dependientes del tipo de actividad y lugar de aprovechamiento del recurso, esta actividad se constituye en la principal fuente no puntual de contaminación de los recursos hídricos.

El estudio caracteriza los desechos líquidos de seis unidades agropecuarias de Zamorano, con base en la cantidad, calidad y variaciones; a su vez describe las condiciones hidrológicas y ambientales del recipiente en la quebrada La Chorrera, la cual cumple la función de principal cuerpo colector de desechos de la sección de Zootecnia.

Los volúmenes de descarga vertidos por las plantas agroindustriales representan la mayor parte de la descarga total de la actividad agropecuaria de Zamorano. La calidad físico-química de los desechos líquidos determinó que la cantidad de materia sólida transportada por los efluentes tiene gran influencia sobre las concentraciones de sólidos suspendidos y las propiedades de turbidez, mientras que las características acido-alcalinas y de temperatura de los efluentes no varían mucho. En cuanto al comportamiento bioquímico de los efluentes los niveles de demanda de oxígeno se encuentran superiores a las normas mexicanas y recomendaciones para el vertimiento de desechos líquidos a cuerpos de agua superficiales.

De acuerdo con las características hidrológicas de la quebrada receptora y los impactos propiciados por la acumulación de desechos, principalmente líquidos, el contexto actual de La Chorrera muestra que los recursos se están alterando negativamente, debido a la alta presión que se ejerce en mencionado sistema hídrico; en consecuencia de ello y del contexto de las descargas, la quebrada en la actualidad no ofrece ninguna capacidad de dilución, ni funciona como un proceso de depuración natural.

La descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia, se constituye en el principal factor que se encuentra contaminando la quebrada, constituida por efluentes que están contaminados y son vertidos sin tratamiento, existiendo la necesidad de implementar un sistema de tratamiento debido a los volúmenes de descarga y cargas contaminantes como también a la capacidad asimilativa del cuerpo receptor, constituyendo un riesgo potencial de contaminación que afecta negativamente aguas abajo de la descarga.

I. INTRODUCCION

1.1. Consideraciones Generales.

Toda actividad productiva agrícola acarrea consigo un sin número de efectos secundarios en producción de desechos, liberación de sustancias tóxicas, acumulación de desperdicios y otros; debido a estos, los niveles de impacto en la sostenibilidad de los recursos, son variables y dependen, en su mayoría del tipo de actividad y lugar donde es aprovechado el recurso.

Inventarios recientes muestran que la contaminación de fuentes no puntuales constituyen las principales fuentes de contaminación del agua. La contaminación dispersa de la escorrentía proveniente de la actividad agropecuaria, el madereo, las calles urbanas, la minería y la industria de la construcción sobrepasa a la contaminación de fuentes puntuales. Estos inventarios también han identificado a la agricultura como la mayor fuente de contaminación no puntual, aminorar las fuentes agrícolas no puntuales presenta un importante desafío de política pública y privada.

1.2. Alcances del Estudio.

Por carencia de datos con referencia a los impactos, hay necesidad de tener variables cuantificables entorno a las calidades de los recursos que rodean el área de Zamorano.

El estudio de la caracterización de aguas residuales estima la contaminación procedente de las principales fuentes de la agroindustria pecuaria de Zamorano, en términos del tipo de contaminación, cargas vertidas y concentraciones de contaminantes.

El diseño del estudio de caracterización comprende el análisis cualitativo y a cuantitativo del contexto en que se vierten los desechos y cuantitativo de la calidad de los efluentes. Cualitativamente se describen los procesos que intervienen en la generación de desechos líquidos y la información referente al sistema de drenaje así como el mapeo del contexto en el cual se vierten las descargas al cauce cercano. Posteriormente se caracterizan los efluentes de acuerdo a la calidad de sus descargas, organizándose los indicadores de calidad en base a variables físico-químicas y bioquímicas.

La quebrada La Chorrera, ubicada en las proximidades del área de explotación, recibe las descargas de aguas residuales y de desechos sólidos de cuatro unidades de producción animal y de dos plantas procesadoras de productos animales. A su vez se encuentra ubicado en las riveras de la quebrada un vertedero a cielo abierto que cumple la función de basurero, el cual es el colector de todos los desechos sólidos de Zamorano.

Entre los alcances del estudio está el definir el marco del problema de contaminación, la identificación de las categorías más problemáticas en términos de desechos líquidos industriales e identificar las necesidades de tratamiento poniendo los niveles de contaminación en contexto con las normas para la descarga de desechos en el medio ambiente.

El análisis en las características físico-químicas y biológicas del recurso agua cumple el objetivo global de ampliar la información existente, y con los datos recopilados poderse evaluar que tan apropiada es la corriente para usos actuales y futuros.

A nivel macro el cauce de la quebrada forma parte de la red hídrica de la cuenca del Río Choluteca a través de su desembocadura en el Río Yeguaré y este en el Río Choluteca, para finalmente desembocar en el Golfo de Fonseca.

Estudios realizados por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) y el Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO), identifican al Río Choluteca como una de las principales fuentes de contaminación del Golfo de Fonseca; en consecuencia, estudios detallados que proporcionen información sobre esta red hídrica, son relevantes para estimar niveles de aporte en la contaminación.

Es importante destacar que el alcance del estudio no fue determinar precisamente la calidad de las descargas de todas las fuentes que producen aguas residuales. Habrá que considerar este estudio como un proyecto preliminar que identifica la magnitud del problema en el vertimiento del sistema de alcantarillado de Zootecnia y la necesidad de estudios futuros más enfocados en las categorías de actividad agroindustrial.

Finalmente las estimaciones de las calidades de las descargas son datos que representan los días "peores" de vertimiento de desechos líquidos en el período del estudio.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Medio Ambiente y Contaminación.

El contexto en el cual el medio ambiente se ve alterado por el problema contaminativo, engloba una serie de aspectos y conceptos que forman parte del conjunto de relaciones que forman parte de la problemática ambiental.

2.1.1. Aspectos Generales.

El aumento de la población en las grandes urbes ha hecho necesaria la modernización de los métodos de producción manufacturera y agropecuaria para atender satisfactoriamente a la demanda de productos y servicios.

La disponibilidad de agua de calidad y en cantidad adecuada ha sido un elemento importante en todas las actividades en el pasado, actualmente continúa siendo un elemento esencial para el consumo humano, las actividades agropecuarias, la industria, la recreación, la navegación y la generación de energía (Cubillos, 1988).

La utilización de las aguas dulces en forma exponencial y el crecimiento poblacional, son componentes indispensables de cualquier análisis de los recursos de aguas continentales (OEA y UNAH, 1992).

Las personas han utilizado y utilizan agua en diversas actividades; el consumo de agua aumenta para satisfacer nuevas demandas y atender el establecimiento de nuevas industrias así como actividades agrícolas y pecuarias (Cubillos, 1985).

La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos sino que, debido a la falta de eficiencia en su distribución y aplicación, sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agro-químicos, lo que también contribuye al deterioro de su calidad (Sagardoy, 1993).

En las últimas décadas, a nivel latinoamericano, se ha venido reconociendo de manera creciente que el aprovechamiento desmedido de agua tiene grandes repercusiones ambientales

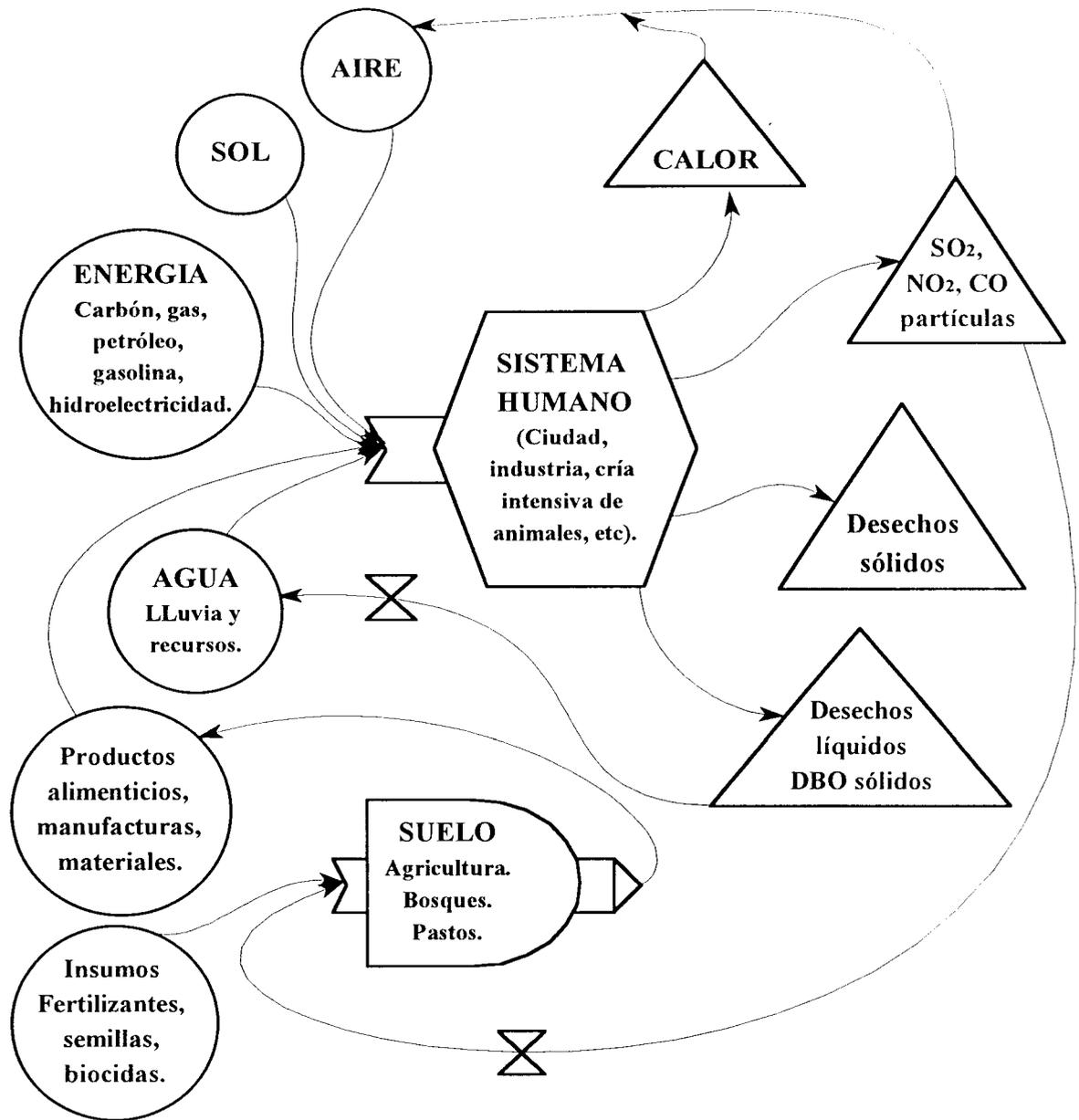
y que a su vez todavía pueden tener consecuencias adversas imprevistas para la salud humana (FAO, 1981).

El vertimiento de desechos al aire, agua o suelo produce efectos degradantes en el ambiente, muchas veces desconocidos en su real magnitud (Cubillos, 1988).

Uno de los índices reveladores del grado de desarrollo económico alcanzado en América Latina y el Caribe en el último cuarto de siglo, es el surgimiento de la contaminación del agua como característica importante del uso de los recursos hídricos de la región (American society for testing and materials, 1979).

En la figura 1 se muestra una representación conceptual de la actividad humana, sus relaciones y flujo de materiales y energía, la cual esquematiza el flujo de recursos y de desechos en el ambiente en general.

A largo plazo las metas que persiguen el mantenimiento de los recursos finitos (agua), necesitan de estudios que cuantifiquen los niveles de impacto en que determinadas actividades incurren en el medio ambiente natural (Cruz et al., 1989).



SIMBOLOGIA		
○ Fuente externa	⬡ Sistema autosostenido	⌘ Tratamiento transformación
D Unidad de producción	△ Almacenamiento recolección	

Fuente: (Cubillos, 1988).

Figura 1. Representación conceptual de la actividad humana, sus relaciones y flujo de materiales y energía.

2.1.2. Concepto de Contaminación del Agua.

La contaminación implica cualquier alteración o grupo de alteraciones que afecten la calidad del agua a través de sus características físicas, químicas y biológicas en su estado natural o después de ser alterados por la acción de las personas (Cubillos, 1988; FAO, 1981; Lee, 1994).

Sagardoy (1993) define la contaminación del agua como "...cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración limite o impida los usos benéficos del agua".

Dependiendo del tipo de contaminante y de sus características, el principal medio difusor puede ser el agua superficial y subterránea. Por ello el modo más práctico de evaluar la contaminación difusa, es realizar análisis específicos en aquellos recursos involucrados en cualquier proceso contaminante.

Los compuestos resultantes pueden pasar a otros medios que se encuentran en conexión, como son las aguas superficiales, las aguas subterráneas, la atmósfera y por último los seres vivos (Cruz et al., 1989).

Los efectos directos en las actividades sobre el agua, en muchos casos, suelen ser de gran importancia y por sus características podrían presentarse temporalmente e ir desapareciendo paulatinamente; pudiendo producir efectos indirectos importantes sobre los componentes bióticos del medio que dependen, en mayor o menor medida, de este recurso para su supervivencia (Gonzales, 1989).

Las características del agua en sus estados naturales pueden variar con el tiempo, con las estaciones del año, los días, la temperatura, los puntos de recolección de las muestras en una misma fuente; por lo que, en un momento dado, se puede detectar en qué lugares se contamina el agua e investigar las causas (Moncada, 1990).

2.1.3. Definición de Sustancia Tóxica.

Se puede definir una sustancia tóxica como cualquier agente capaz de producir un efecto nocivo en un sistema biológico, daño a sus funciones o la muerte (Repetto, 1981; Salas et al., 1988).

El registro de efectos tóxicos de sustancias químicas del "U.S. National Institute for Occupational Safety and Health" (1976), define "una sustancia tóxica como la que demuestra el potencial de:

- inducir cáncer, tumor o efectos neoplásicos en el humano o animales de experimentación;

- inducir un cambio transmisible permanente en las características de la descendencia de aquellos padres en experimentación humanos o animales;

- causar la producción de defectos físicos en el embrión en desarrollo de humanos o de animales de experimentación,

o cualquier otra vía en cualquier cantidad, concentración o dosis referida para cualquier período de tiempo".

Existe especial interés en lo que se refiere a la preservación de la calidad del agua superficial para diversas utilidades, y se han establecido normas que contemplan su utilidad, como agua para uso agrícola, consumo humano, consumo animal y otros (Salas et al., 1988).

2.1.4. Fuentes de Contaminación.

Las fuentes de contaminación se agrupan conforme con su origen y procedencia, clasificándose de acuerdo a su carácter puntual y no puntual.

2.1.4.1. Puntual.

La FAO (1981), describe el tipo de contaminación puntual como las originadas, en su mayor parte en la industria, donde sus efluentes son bien localizados en un área reducida.

La contaminación puntual es aquella que tiene un origen concentrado y proviene de un lugar específico (Lee, 1994).

Existen actividades que se encuentran dentro este tipo de contaminación, las actividades agropecuarias pueden ser consideradas como fuentes puntuales; entre ellas se encuentran los excrementos del ganado, sobre todo los producidos bajo régimen de estabulación; el almacenamiento de fertilizantes y pesticidas como también los restos de cosechas principalmente (FAO, 1981).

Otro tipo de contaminación que forma parte importante de este grupo es la producida en la actividad industrial. En muchas ocasiones, las aguas industriales se eliminan mediante pozos de inyección, estanques o balsas de infiltración entre otras, donde muy a menudo tienen lugar infiltraciones no previstas en estanques de evaporación u oxidación, o bien se produce una lixiviación de materiales contaminantes en vertederos y depósitos de residuos (FAO, 1981).

Sin embargo, la mayoría de las descargas industriales principalmente en países en desarrollo, descargan sin tratamiento sus efluentes directamente a un cuerpo de aguas¹.

Por otra parte los procesos de producción, almacenamiento y transporte, se asocian a una serie de accidentes, tales como fugas, roturas de tuberías u otros daños físicos provocados a los sistemas de conducción y drenaje de forma accidental o premeditada que pueden producir contaminación industrial.

Los residuos domésticos en áreas rurales y urbanas pueden plantear también problemas para aguas subterráneas y/o superficiales, en el caso de Honduras, la mayoría no se tratan. El uso de las aguas residuales domésticas, con o sin tratamiento para irrigación, podrían ser, si no se ejercieran un control adecuado, causa de contaminación de los mantos acuíferos. De igual forma los sistemas individuales de eliminación, tales como pozos negros, e incluso fosas sépticas y otros sistemas con fines similares pueden producir problemas. Los residuos sólidos concentrados en vertederos situados no apropiadamente y controlados, producen filtraciones de elementos contaminantes hacia acuíferos, siendo un factor importante en alteraciones en la calidad de reservorios o cuerpos de agua (FAO, 1981).

Otro de los contaminantes puntuales podrían ser la producción, almacenamiento, transporte y empleo de materiales radioactivos, pudiendo representar una amenaza para los recursos hídricos subterráneos (FAO, 1981; Eckenfelder et al., 1988).

¹ Thomas, A. 1995 (E.S.A. Consultores), Hond., Tegucigalpa. (Comunicación personal).

2.1.4.2. No Puntual.

La contaminación no puntual tiene un origen disperso y acumulado en un área grande, extendiéndose sus efectos sobre amplias zonas (FAO, 1981; Lee, 1994).

Este tipo de contaminación es la más probable de encontrar y tiene la característica de ser poco controlable y estar sujeta a numerosos factores que se relacionan en los efectos que produce.

2.1.5. Uso de la Tierra y Contaminantes Potenciales.

El uso de la tierra puede ser definido en varias categorías, de acuerdo a las actividades humanas que puedan relacionarse con los problemas de contaminación. Definiendo estos la ubicación y forma de los contaminantes (Thomann, 1988).

El cuadro 1 presenta una relación que caracteriza los tipos de contaminantes más importantes, de acuerdo a diferentes actividades que ejercen influencia en la calidad de las aguas en una cuenca.

En lo que se refiere a las prácticas agrícolas, el empleo de plaguicidas puede resultar a largo plazo muy peligroso para las aguas superficiales y subterráneas, así mismo la utilización de cantidades excesivas de abonos y fertilizantes pueden plantear serios problemas debido a una acumulación de nutrientes y procesos de eutroficación de sus aguas. También los procesos de mineralización de aguas subterráneas en regiones semi-áridas y áridas por procesos de dilución de sales e irrigación representan un problema considerable (FAO, 1981).

Cuadro 1. Relación de los principales tipos de contaminantes, de acuerdo a diferentes actividades que ejercen influencia en la calidad del agua.

FUENTES	CONTAMINANTES						
	Sedimentos	Nutrientes	Plaguicidas	Salinidad	Materia orgánica	Micro-organismos	Trazas de metales
Construcción	X	X	X	X	X	X	X
Agricultura	X	X	X		X	X	X
Silvicultura	X	X	X		X		X
Manejo de residuos	X	X			X	X	X
Modificación hidrológica	X	X			X		X
Minería	X	X	X				X

Fuente: (Thomann, 1988).

2.1.6. Ciclo Hidrológico y Transporte de Contaminantes.

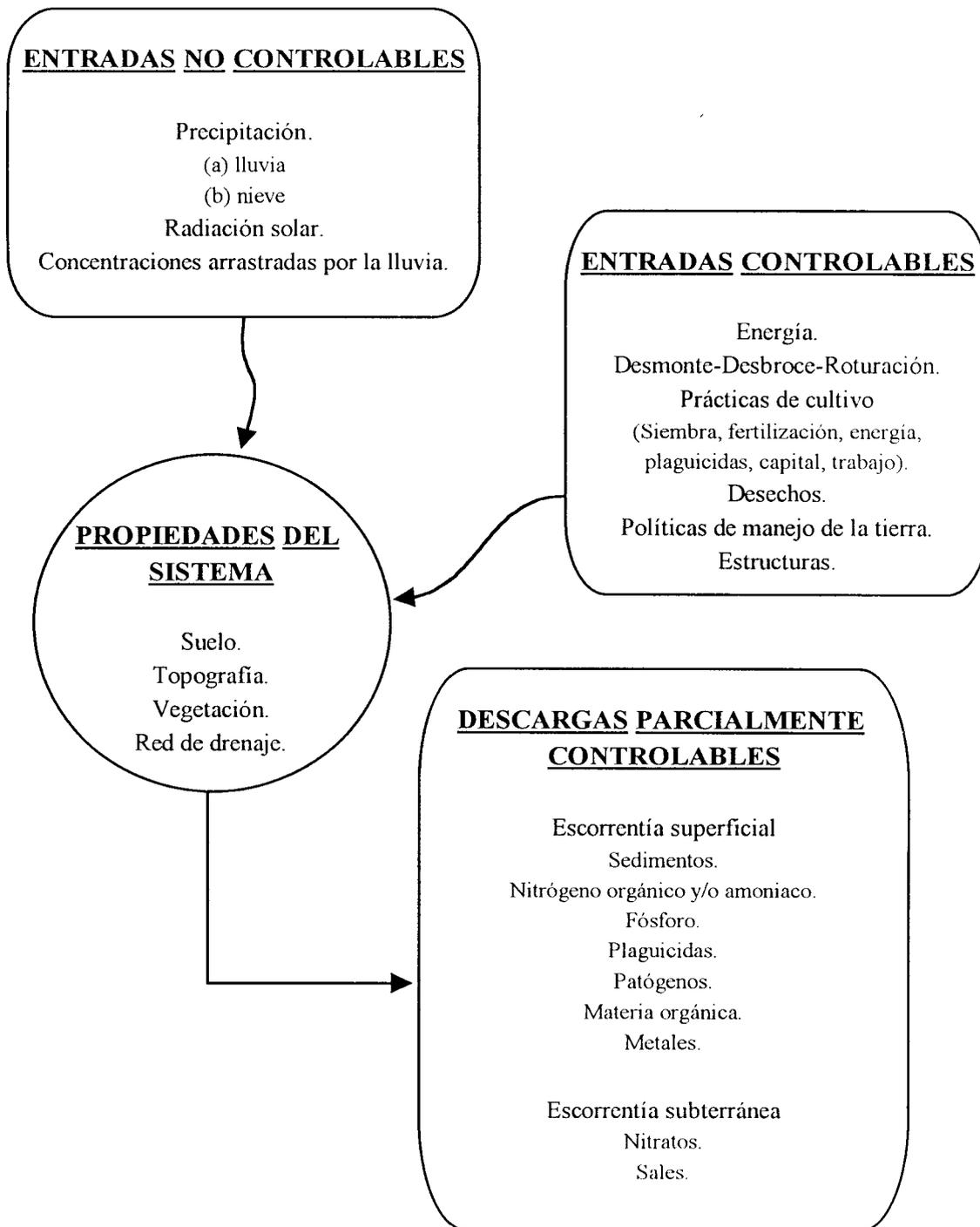
El ciclo hidrológico determina en gran parte la regulación del tiempo, el volumen, la frecuencia y la calidad de las descargas no puntuales (Thomann, 1988).

De acuerdo a Yevjevich (1971) "Las superficies continentales, acuíferos subterráneos, cuerpos de agua interiores plantas y suelo son ambientes con entradas complejas de agua, composiciones ambientales, respuestas y descargas. Esta trinidad entrada-respuesta-descarga, en combinación con dependencias mutuas y retroalimentaciones es definida como ciclo hidrológico".

En consecuencia, la naturaleza de las entradas y salidas del sistema tiene gran importancia ya que a través de las mismas se podrá estimar la magnitud de las descargas distribuidas, en la figura 2 se muestra la respuesta de las descargas no puntuales conforme a las relaciones características que describe.

Las aguas superficiales y subterráneas contienen siempre en estado natural una serie de sales disueltas, éstas se originan por el lavado por escorrentía de diversos materiales del suelo y subsuelo. De igual forma, el agua recoge materia orgánica natural de la vegetación en diversos estados de biodegradación y diluye gases atmosféricos. El resultado de estos contactos es que el agua acumula ciertas cantidades de impurezas naturales por disolución o reacción química seguida de dilución (Hem, 1961). La calidad resultante es función de las condiciones naturales, no de la acción del hombre, y generalmente es considerada como un nivel de partida (FAO, 1981).

Existe también en depósitos sedimentarios antiguos, aguas "fósiles" cargadas de sales, que quedaron atrapadas. No es raro que éstos depósitos se encuentren inmediatamente debajo de acuíferos de agua dulce y en conexión hidráulica con ellos. En consecuencia podrá convertirse en una fuente no puntual de contaminación (FAO, 1981).



Fuente: (Cubillos, 1988; Gómez, 1993)

Figura 2. Respuesta de las descargas no puntuales de copntaminantes de una cuenca, a la influencia de la hidrología y uso de la tierra.

2.1.7. Flujos y Naturaleza de las Aguas Residuales en la Industria.

La captación de aguas residuales puede diferir de la distribución de aguas en tres aspectos esenciales: 1) excepto en circunstancias especiales, los conductos no fluyen bajo presión; 2) el flujo es casi siempre inestable y frecuentemente no uniforme; y 3) las aguas fluyentes transportan cargas sustanciales de materias flotantes, suspendidos y solubles (Fair et al., 1990).

La industria utiliza grandes volúmenes de aguas en sus procesos de manufactura y en las operaciones complementarias. De hecho la producción de alimentos, metales, productos químicos y otros bienes básicos requiere de una cantidad de agua que excede mucho el volumen combinado de otras materias primas; en consecuencia, las necesidades de agua por parte de la industria son tan variadas como extensas; donde la mayor parte del flujo se vierte finalmente a las corrientes naturales de agua en forma de aguas de desecho, los cuales dependerán del contexto del cuerpo de agua y del tipo de industria (Fair et al., 1990).

Prácticamente todas las clases de material que entren en una planta se pueden convertir en una impureza de sus aguas residuales. Entre los contaminantes se encuentran las materias primas, así como los productos auxiliares, intermedios, finales y residuales, los subproductos, lubricantes y limpiadores. Algunos de estos tienen un considerable valor económico y su pérdida no puede justificarse aunque las condiciones económicas prevalentes pueden hacerla inevitable; en consecuencia una buena administración de las plantas reducirá al mínimo las pérdidas (Fair et al., 1989).

Las aguas de enfriamiento como parte de los desecho líquidos constituyen los volúmenes mayores de las aguas residuales industriales, pero su efecto contaminante es generalmente ligero, encontrándose contaminadas principalmente por el calor. Aún cuando esto es frecuentemente objetable, las temperaturas del agua se pueden disminuir por dilución o por enfriamiento evaporativo. En total, las aguas de enjuague constituyen el segundo volumen en importancia de agua de desecho. Frecuentemente, se encuentran mezcladas con las aguas residuales industriales, los efluentes de los baños de los empleados y de lavado del equipo y los espacios de trabajo (Fair et al., 1989).

2.2. Causas y Tipos de Contaminación del Agua por Incidencia Agropecuaria.

Por el tipo de relaciones que establecen las fuentes de contaminación con el contexto hídrico, se puede atribuir que existe una relación estrecha entre la producción agrícola y el posible efecto sobre los recursos hídricos. La agricultura, entre otras actividades, tiene un impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de aguas superficiales y subterráneas. Por ende, la agricultura de regadío tiende a señalarse como uno de los principales contribuyentes de esta contaminación (FAO, 1993; Sagardoy, 1993; Thomann, 1988).

2.2.1. Tipos de Contaminantes.

La actividad agropecuaria puede contribuir con tres tipos de contaminantes: sólidos en suspensión, componentes químicos y organismos vivos.

2.2.1.1. Sólidos en Suspensión.

Proviene en su amplio rango de procesos de erosión del suelo producto de algunas actividades agrícolas, tales como arar, labrar, nivelar, desforestar, sobrepastorear y muchas otras. En realidad, sería mucho más apropiado referirse a malas prácticas agropecuarias, ya que algunas de las actividades antes mencionadas podrían, de alguna manera, contribuir a evitar procesos erosivos, si se ejecutaran de forma apropiada (Sagardoy, 1993; FAO, 1981).

2.2.1.2. Componentes Químicos.

Los elementos químicos son aportados principalmente por la fertilización, la aplicación de plaguicidas y el agua de riego; algunos de éstos podrán fijarse en el suelo desconociéndose sus efectos a largo plazo. Partes de estos elementos llegan hasta las masas de aguas y, dependiendo de su concentración pueden constituir en un problema serio para uso posterior de los recursos (Sagardoy, 1993).

La agricultura intensiva ha requerido cantidades cada vez mayores de fertilizantes y plaguicidas, llegando a provocar alarmantes aumentos en su concentración en los cuerpos

de aguas, lo que representa un peligro potencial para los usuarios, en el caso de no realizar tratamientos adecuados a las aguas (Sagardoy, 1993).

2.2.1.3. Organismos Vivos.

La agricultura o sea, por sí misma tiene pocas posibilidades de agregar organismos vivos, especialmente los de carácter patógeno; excepto explotaciones pecuarias. Sin embargo, los residuos de muchas agroindustrias, algunos procesos de cosecha y las excretas animales pueden aportar cantidades considerables de materia orgánica, afectando la calidad del agua (Sagardoy, 1993).

Es muy probable que el riego con aguas servidas no tratadas se comporte como un diseminador de organismos patógenos, convirtiéndose en el principal foco de contaminación biológica de aguas abajo; convirtiéndose en uno de los mayores problemas que se presenta en el ámbito rural y urbano marginal, generando con ello condiciones que limitan un adecuado desarrollo de la población, sobre todo en el aspecto de salubridad (Ventura, 1993).

2.2.2. Principales Contaminantes Agropecuarios.

Los contaminantes potenciales son: los residuos animales, las sales en el agua de irrigación y toda la gama de compuestos químicos, aplicados a las cosechas. Entre estos se encuentra los pesticidas y los compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos de nitrógeno, fósforo y potasio, todos ellos componentes de los fertilizantes comerciales. Por otra parte, las concentraciones ganaderas, la eliminación de residuos de cosechas u otras actividades de almacenamiento, pueden ser origen de fuentes puntuales de contaminación (Sagardoy, 1993).

También, se ha observado que el agua superficial puede verse afectada por descargas de residuos orgánicos, ya sea provenientes de actividades agropecuarias, antes mencionadas de la concentración de población en las zonas rurales. Estas descargas pueden considerarse como una pérdida de recursos de nutrientes y podrían crear problemas sanitarios (FAO, 1993).

2.2.2.1. Fertilizantes.

De acuerdo a estudios de la FAO (1993), la producción y uso de fertilizantes, en Latinoamérica, muestra el estado de subfertilización en la mayoría de los países de la región. Observándose también el agotamiento de los suelos, ya sea en materia orgánica (humus) o en sus nutrientes minerales, debido a ciertas prácticas culturales y a la fertilización desequilibrada.

El rápido aumento en el uso de fertilizantes ha sido debido principalmente, a su bajo costo a nuevas variedades de alto rendimiento y a la necesidad de más altos rendimientos económicos (FAO, 1981).

2.2.2.1.1. Compuestos de Nitrógeno.

Son los nutrientes más importantes desde el punto de vista de las aguas subterráneas, debido a la movilidad de los nitratos. Un porcentaje importante de nitrógeno, es aplicado al suelo en forma orgánica como estiércol o urea ((NH₂)₂CO). El resto lo es en forma inorgánica como amoníaco (NH₃), sulfato amónico ((NH₄)₂SO₄), nitrato amónico (NH₄NO₃), carbonato amónico ((NH₄)₂CO₃) o nitrato cálcico (Ca(NO₃)₂). Las cantidades de aplicación de estos fertilizantes están basadas en la cantidad total de nitrógeno necesitado por unidad de área de una cosecha dada (FAO, 1981).

Las plantas pueden usar el nitrógeno solamente en forma de nitratos, entonces el tipo de fertilizante escogido determina la proporción de nitrógeno utilizable por las plantas. Los otros compuestos usados tienden a cambiar su estructura a nitratos, teniendo que pasar por procesos de oxidación o cambio iónico, que liberan muy lentamente este compuesto en el suelo. Los nitratos constituyen casi todo el nitrógeno presente en las aguas de lixiviación, en consecuencia es considerado como el principal elemento móvil en el suelo y aguas subterráneas (FAO, 1981).

Estudios experimentales de la FAO presentados en las conferencias sobre Medio Ambiente celebradas en Río de Janeiro y Dublín en 1992, demuestran que los compuestos orgánicos de nitrógeno no son muy móviles en el suelo, consecuentemente son solamente sus productos degradados los que pueden crear problemas de contaminación (FAO, 1993).

Sin embargo, los abonos orgánicos pueden contaminar las aguas superficiales con bacterias y otros microorganismos nocivos para la salud humana y otros seres vivos. El riesgo de contaminación, es mayor en zonas donde el material superficial es impermeable. Si no se realiza bien la mezcla del abono con el suelo, o la aplicación se realiza en períodos de lluvia, se darán pérdidas del abono por efectos de escorrentía agravándose con características topográficas que favorezcan lavados superficiales (Cruz et al., 1989).

2.2.2.1.2. Compuestos de Fósforo.

Este tipo de compuestos puede presentarse en forma orgánica e inorgánica y la mayoría de ellos permanecen estables en el suelo, presentando muy poca movilidad. El fósforo es añadido como fertilizante comercial o liberado por descomposición de materia orgánica (FAO, 1981).

Normalmente la forma inorgánica aplicada es como P_2O_5 , encontrándose principalmente como fosfatos de hierro y aluminio en suelos ácidos y fosfatos de calcio en suelos alcalinos. El fósforo en forma orgánica aparece principalmente como fosfato de inositol, y en cantidades secundarias ácidos nucleicos y fosfolípidos (FAO, 1981; FAO, 1993).

El movimiento de estos compuestos hacia las aguas subterráneas es muy restringido y dependerá del pH existente, pero puede ocurrir casos problemáticos en que el suelo haya sido sobrecargado y su capacidad de fijación se encuentre completamente saturada. En aguas superficiales, podría presentarse efectos en la calidad de las aguas, debido a la erosión del suelo arrastrando compuestos de fósforo (FAO, 1981).

2.2.2.1.3. Compuestos de Potasio.

Se aplica normalmente al suelo como K_2CO_3 y por lo general no es causa de contaminación de aguas subterráneas dada su susceptibilidad de adsorción y cambio iónico por el suelo (FAO, 1981).

2.2.2.2. Pesticidas.

Se entiende por pesticida a un término general que incluye a los fungicidas, herbicidas, insecticidas, fumigantes y rodenticidas; estos pueden alcanzar tanto aguas superficiales como subterráneas, a través de diferentes vías de contaminación. La posibilidad de alcanzar este medio está en relación fundamentalmente con el poder de disolución del producto en el agua y de su persistencia (Cruz et al., 1989).

Los compuestos químicos orgánicos sintéticos son los más importantes por su toxicidad y uso mas frecuente. Los tres principales insecticidas en relación con la contaminación de las aguas subterráneas son: los organoclorados por su persistencia en el medio ambiente, los organofosforados por su relativa movilidad y los carbamatos por su relativa solubilidad. Estos insecticidas son tóxicos tanto por los seres humanos como para los animales (FAO, 1981).

La mayoría de los herbicidas son importantes ya que presentan cierta movilidad y son tóxicos para las plantas en concentraciones moderadas, mientras que para los humanos y animales esta toxicidad se presenta en concentraciones altas.

Los pesticidas dependiendo de la forma y tipo de aplicación que se realiza, podrán llegar por lixiviación a acuíferos o cuerpos de agua superficiales (FAO, 1981).

2.2.2.3. Residuos Animales.

La actividad pecuaria, representada por la ganadería y la porcicultura, hacen su aporte significativo al deterioro de las aguas en las áreas donde se desarrollan más intensamente. Las aguas de establos y porquerizas se desechan, usualmente, sin ningún tipo de tratamiento directamente a los ríos y quebradas más próximos (Coto, 1993).

Debido a la tendencia al establecimiento de grandes concentraciones ganaderas, porcinas y aves de corral. Los residuos líquidos y la materia orgánica sólida resultantes de estas operaciones es una fuente de nitrógeno y fósforo, entre otros factores, que pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Estos residuos conducen a un aumento en la carga de nitrato en los acuíferos y en combinación con sales minerales producen aumentos en los sólidos disueltos (FAO, 1981).

Las aguas de desecho en actividades de explotación pecuaria se componen de heces, orina, agua de lavado, restos de alimentos y de pasto principalmente. La cantidad y calidad de estos desechos depende de la cantidad de excreciones fecales y urinarias como también de la cantidad de agua empleada en las labores de limpieza (Coto, 1993).

Por medio de lixiviación de los potreros, los residuos podrán llegar a los cuerpos de agua debido a factores climáticos, que podrán influir en su descomposición y arrastre (FAO, 1981).

En el anexo 1 se presentan las líneas de actuación dadas por la "California State Water Resources Control Board" para la protección de aguas tanto superficiales como subterráneas contra la contaminación debida a las instalaciones en sistemas de explotación estabulado de animales.

2.2.2.4. Riego.

El riego indudablemente es el principal medio de producción, en muchos lugares donde las condiciones climáticas y edáficas imposibilitan el abastecimiento de agua, en consecuencia y por las características hidrológicas la contaminación generada en un lugar podrá tener efectos en la calidad de las fuentes de regadío (FAO, 1981; FAO, 1993).

El agua de riego no consumida por la evapotranspiración se incorpora a las aguas subterráneas mediante percolación por debajo de las zonas de las raíces de las plantas o como agua de escurrimiento que finalmente se incorpora a las aguas superficiales.

Las aguas que se incorporan a los acuíferos sufren un aumento en la concentración de sales, la agricultura de riego han acelerado este incremento y la salinidad de las aguas subterráneas podrían finalmente limitar el uso beneficioso de este recurso (FAO, 1981). Es muy probable que el riego se comporte como un diseminador de organismos patógenos, agravándose más si es que se empleará aguas servidas no tratadas (FAO, 1993).

Es imposible disociar los problemas ambientales resultantes de los modelos agrícolas, con los daños resultantes en la calidad del agua: la acumulación de sedimentos en los ríos es resultado de la erosión; la contaminación por agrotóxicos es consecuencia del desequilibrio

biológico en el manejo agrícola; y la eutroficación del agua es resultante de fertilizaciones desequilibradas (Andreoli, 1993).

2.2.3. La Industria Agropecuaria.

La interrelación de las actividades agropecuarias e industriales, producida por la dependencia de los productos agrícolas como materias primas, incorporó la lógica industrial en el medio rural obligando a los productores a seguir padrones industriales pre-establecidos tales como garantizar la producción en épocas determinadas, padronizar el aspecto externo de los productos, uniformidad de tamaño, forma y época de maduración (Paschoal, 1983).

La variedad y cantidad de los desechos dependen principalmente de la actividad, número de procesos, materias primas utilizadas, productos elaborados, materiales sobrantes en estado sólido, líquido o gaseoso, deficiencia del servicio de recolección, grado de control de las diferentes operaciones del proceso, tamaño de la planta y el número de trabajadores de la industria (Barrera, 1987; Ordoñez et al., 1992).

Muchas agroindustrias utilizan agua en sus procesos. Sus efluentes brutos, tienen altos contenidos de materia orgánica y de contaminantes químicos. La principal diferencia con la contaminación agrícola consiste en que el "contaminante" es de fácil identificación ya que se puede tomar medidas correctivas (Sagardoy, 1993).

Las industrias alimenticias emiten contaminantes orgánicos, que se miden generalmente por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), o cualquier otro parámetro colectivo. Los aceites, materias flotantes, sólidos gruesos, materia fina en suspensión, sabor y color se encuentran en numerosas aguas residuales industriales (Fair et al., 1989).

Cada agroindustria, y de hecho cada planta en particular, producen residuos específicos propios en volumen relativo y composición. Las aguas residuales de la producción de alimentos y de otras industrias de tipo fuertemente orgánico no son muy diferentes a las aguas negras domésticas respecto a su composición y comportamiento (Fair et al., 1989).

2.3. Caracterización de Aguas Residuales.

Las características que presentan las aguas residuales son diferentes de los desechos de las industrias y de los desechos de las actividades agrícolas, diferenciándose principalmente en términos del contenido de materia orgánica, sólidos, nitrógeno y fósforo características que podrán determinar la calidad de los efluentes (Cubillos, 1988).

La materia orgánica constituye una fuente de carbón para la síntesis celular, energía de las reacciones bioquímicas para los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica; mientras que el nitrógeno y el fósforo son nutrientes necesarios para el metabolismo celular, siendo estos parámetros importantes en cualquier situación que amerite el manejo de este tipo de aguas (Cubillos, 1988).

En consecuencia, las características de los efluentes se encuentran relacionados con el origen de sus desechos.

2.3.1 Efluentes Municipales.

Tiene su origen en centros urbanos y está formado por aguas residuales provenientes de viviendas y el comercio, también podrán formar parte los residuos generales provenientes de las actividades internas realizadas al margen de procesos de producción, como los servicios sanitarios de plantas de producción (Cubillos, 1988; Ordoñez et al., 1992).

En el cuadro 2 se muestran los rangos de composición típica de aguas residuales municipales. Las variaciones que expresa estos rangos, indican que la composición de estas aguas podrán cambiar de un lugar a otro, siendo función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad (Cubillos, 1988).

Este tipo de aguas residuales se caracterizan por tener en su composición altas concentraciones de materia orgánica, sólidos, cloruros, sulfatos, nitrógeno y fósforo (Cubillos, 1982; Cubillos, 1988).

La materia orgánica presente se descompone u oxida por la acción de microorganismos en el agua, durante la oxidación se consume oxígeno disuelto (OD); el resultado es una depresión de la concentración de OD, encontrándose concentraciones muy bajas en aguas residuales de este tipo (Cubillos, 1988).

Cuadro 2. Valores esperables en la composición típica de aguas residuales municipales.

RESUMEN	VALORES ESPERABLES*
Temperatura, °C	24.6
Turbiedad, UNT	145
Sólidos totales, mg/l	408 - 987
Sólidos suspendidos, mg/l	167 - 262
Sólidos disueltos, mg/l	331 - 820
Valor del pH, unidades	7.2 - 7,5
Cloruros, mg/l	38.9 - 72
Fosfatos, mg/l	5.8 - 15.4
Nitrógeno total, mg/l	21 - 34.5
Nitrógeno orgánico, mg/l	8.4 - 14.5
Nitrógeno amoniacal, mg/l	12 - 20
Nitritos, mg/l	0.02 - 0.004
Nitratos, mg/l	0.03 - 0.056
DBO ₅ , mg/l (Demanda bioquímica de oxígeno)	167 - 301
DQO, mg/l (Demanda química de oxígeno)	361 - 430
Aceites y grasas, mg/l	32 - 96

* Valores obtenidos de tres ciudades de América Latina (Venezuela, Mérida; Colombia, Palmira; México).

Fuente: (Rivas, 1967; Cubillos, 1970; Cubillos, 1978; Castagnino, s.f.).

2.3.2. Efluentes Agroindustriales.

La contaminación del agua es el problema más importante que ocasionan los procesos de producción y procesamiento de alimentos. Las cantidades de contaminantes y los volúmenes de agua que se consumen varían dependiendo la actividad a que se dedique la agroindustria. Sin embargo, una característica común a todas estas aguas de desecho es su gran biodegradabilidad (Barrera, 1987).

Se producen en explotaciones pecuarias y procesamiento de cosechas de cultivos. Aportan cantidades apreciables de materia orgánica biodegradable, materia en suspensión, y a su vez algunas industrias de alimentos y el estiércol de los animales contribuyen con cantidades apreciables de nitrógeno y fósforo (Cubillos, 1988).

Algunas de las características indeseables causadas por agroindustrias, en la calidad del agua son las siguientes:

- a) Materia orgánica biodegradable necesita oxígeno para la oxidación y procede de mataderos, centrales azucareras, alimentos enlatados, pastas alimenticias, fábricas de cerveza entre otros.
- b) Grasas, aceites, combustibles y materia flotante, dan apariencia desagradable al agua, intervienen la transferencia de oxígeno, se volatilizan o depositan sobre las paredes de los conductos. Se originan en mataderos, fábricas de grasas, productos lácteos, aceites vegetales entre otros.
- c) Nitrógeno y fósforo son nutrientes esenciales para el crecimiento de muchos organismos; sin embargo, a concentraciones excesivas se fertilizan las aguas y favorecen el crecimiento masivo de algas en lagos favoreciendo procesos de eutroficación. Las fábricas de productos alimenticios ricos en proteínas, de fertilizantes y operaciones pecuarias son los principales contribuyentes.
- d) Materia en suspensión se deposita en el lecho de ríos, lagos y estuarios; altera el ecosistema y se origina en fábrica de grasas vegetales, cerveza, mataderos, aceites, destilados entre otros.
- e) Color y turbiedad afectan la apariencia estética del agua y puede llegar a interferir pruebas de laboratorio. Proviene de plantas de alimentos, pulpa de papel, industria textil entre otros (Cubillos, 1988).

En el cuadro 3 se muestran algunos rangos para concentraciones que muestran la composición de desechos en una instalación de cría de porcinos.

Los valores de las concentraciones varían con la edad de los animales en cría o engorde, la alimentación y la cantidad de agua a utilizada para el lavado de pisos por animal o metro cuadrado de instalación (Cubillos, 1988; Loehr, 1977).

Cuadro 3. Rangos de concentraciones esperables en desechos de porquerizas.

PARAMETRO	RANGOS DE CONCENTRACIONES
DBO ₅ , mg/l (Demanda bioquímica de oxígeno)	495 - 12918
DQO, mg/l (Demanda química de oxígeno)	1006 - 16125
Nitrógeno orgánico, mg/l	60 - 308
Nitrógeno amoniacal, mg/l	167 - 1335
Sólidos sedimentables, mg/l	20.8 - 150
Sólidos totales, mg/l	3850 - 12472
Valor de pH, unidades	6 - 7.9

Fuente: (DIA, 1979; Cubillos, 1988).

En los anexos 2 y 3 se presentan las concentraciones típicas esperables para las descargas de aguas residuales en algunas industrias relacionadas con el agro, de acuerdo a dos fuentes, haciéndose una relación entre el consumo de agua y las características de los efluentes.

2.4. Control de Desechos Líquidos.

Por el acelerado desarrollo de las industrias del agro, como de la manufactura en Latinoamérica, sin una planificación previa adecuada, han ocasionado graves problemas de contaminación del medio ambiente y en especial en los recursos hídricos obligándose a invertir

esfuerzos en la búsqueda de soluciones y desplegándose alternativas de control (Salas et al., 1988).

El manejo de los desechos líquidos debe realizarse en forma conjunta con otras metodologías, tales como la reducción de la magnitud de la descarga de sustancias contaminantes, mediante controles dentro de los propios establecimientos de producción incluyéndose el reciclado y recuperación como la optimización de procesos (Chemecology, 1987).

Los desechos líquidos de las industrias productoras y procesadoras de alimentos, deben someterse a un tratamiento o procesamiento rápido, debido a la característica de tener alta biodegradabilidad de sus desechos, pudiendo someterse a tratamiento biológico sus desechos, el cuál es uno de los métodos más económicos de implementarse en este tipo de efluentes (Barrera, 1987).

2.4.1. Métodos de Control.

Los métodos de control de desechos líquidos son agrupados en procesos que involucren la minimización y el tratamiento de desechos.

2.4.1.1. Minimización de Desechos.

Se considera una serie de aspectos que deben formar parte de este método de control de desechos los cuales deben considerar la limpieza y mantenimiento de las instalaciones y equipo, cambio en las materias primas, modificaciones en el proceso y la reutilización de ciertos desechos líquidos que cumplan con la calidad mínima.

2.4.1.1.1. Limpieza y Mantenimiento.

Comprende instrucciones precisas sobre los procedimientos de operación, de limpieza y de mantenimiento; sistema de supervisión que asegure el cumplimiento de las normas, válvulas, empaques de las bombas, drenajes y tuberías o redes subterráneas; escapes de tanques de almacenamiento; limpieza y lavado de reactores, tambos, tambores y pisos; inspección regular de máquinas y recipientes equipados con rebosaderos (Barrera, 1987).

25

la materia prima, para que de esta forma se evite crear efectos colaterales por la eliminación de un elemento específico (Barrera, 1987).

2.4.1.1.3. Modificaciones en el Proceso de Producción.

De forma global es mejor y más económico reducir o eliminar una corriente de desechos de la descarga total, que someterla a un tratamiento; consiste en detener la contaminación antes de que se produzca.

La reducción de los desechos que se descargan a un curso de agua o planta de tratamiento, a menudo va acompañada de modificaciones en el proceso, separación de corrientes o recuperación o reutilización de materiales. Este proceso de reducción de desechos, puede iniciarse con un completo balance de materiales de todos los procesos que utilizan agua y producen desechos (Barrera, 1987).

La información que debe incluir el balance del agua deberá estar principalmente comprendido por la cantidad de agua utilizada, contenido de agua del producto y volumen de la corriente de agua residual; pudiendo detallarse mas a través de la determinación del contenido de agua de las materias primas, pérdidas por evaporación y contenido de vapor de agua en las corrientes de gas (Barrera, 1987).

2.4.1.1.2. Cambio de Materias Primas.

Algunas veces es necesario y factible evitar la producción de un desecho cambiando la materia prima, para que de esta forma se evite crear efectos colaterales por la eliminación de un elemento específico (Barrera, 1987).

2.4.1.1.3. Modificaciones en el Proceso de Producción.

De forma global es mejor y más económico reducir o eliminar una corriente de desechos de la descarga total, que someterla a un tratamiento; consiste en detener la contaminación antes de que se produzca.

La reducción de los desechos que se descargan a un curso de agua o planta de tratamiento, a menudo va acompañada de modificaciones en el proceso, separación de corrientes o recuperación o reutilización de materiales. Este proceso de reducción de desechos, puede iniciarse con un completo balance de materiales de todos los procesos que utilizan agua y producen desechos (Barrera, 1987).

La información que debe incluir el balance del agua deberá estar principalmente comprendido por la cantidad de agua utilizada, contenido de agua del producto y volumen de la corriente de agua residual; pudiendo detallarse mas a través de la determinación del contenido de agua de las materias primas, pérdidas por evaporación y contenido de vapor de agua en las corrientes de gas (Barrera, 1987).

Los análisis de constituyentes de los desechos y la determinación de los volúmenes producidos, en las distintas corrientes, pueden ayudar a determinar y corregir la principal fuente de pérdida de agua. De esta forma se podrá eliminar o minimizar la generación de desechos (Barrera, 1987).

2.4.1.1.4. Reutilización.

La utilización de aguas de desecho por recirculación debería ser una practica muy usual en la mayor parte de las industrias. Este procedimiento, sin embargo, no significa la reducción de la contaminación sino una concentración en un volumen más pequeño.

La recirculación del agua generalmente adiciona sustancias químicas para control de corrosión, escamas y bacterias. Sin embargo, la recirculación de soluciones débiles que contienen materias primas, productos intermedios y finales, pueden proporcionar al proceso productivo una cierta economía (Barrera, 1987).

También existen una serie de mecanismos de control de contaminantes, los mismos que hacen referencia a los procesos de tratamiento que pueden ser sometidos los efluentes, de acuerdo al origen y composición del mismo (cuadro 4).

2.4.1.2. Tratamiento de Desechos.

Existen dos tipos de tratamiento de desechos, entre los cuales se encuentra el primario y el secundario.

2.4.1.2.1. Tratamiento Primario.

Dentro de este tipo de tratamiento se encuentran la separación de desechos sólidos en bruto, homogeneización, remoción de grasas o aceites libres, sedimentación, control del pH y floculación.

2.4.1.2.1.1. Separación de Desechos Sólidos en Bruto.

La práctica de separar la materia sólida pesada se realiza con el fin de proteger la planta depuradora, particularmente las bombas, de posibles daños ocasionados por el arrastre de sólidos.

La separación de sólidos puede ser realizada por medio de rejas, teniéndose como alternativas para este propósito barras metálicas, malla metálica o ranuradas, entre otras; debiendo realizarse además, rastrilladas manuales o mecánicas que dependerán de las circunstancias locales (Thomas et al., 1994).

Cuadro 4. Métodos de tratamiento de mayor aplicación de acuerdo a los desechos que remueve.

Métodos de tratamiento		Aceites y grasas	Sólidos sedimentables	Sólidos en suspensión	Materia orgánica biodegradable	Materia orgánica no biodegradable	Nutrientes fosfatos, nitratos	Sales minerales disueltas	Metales pesados
Tratamiento primario	Decantación (sedimentación)		X	X					
	Flotación	X	X	X					
Tratamiento secundario	Coagulación o precipitación química			X	X	X			X
	Tratamiento biológico convencional: filtración biológica o lodos activados			X	X				
Tratamientos avanzados	Flotación			X		X			
	Precipitación					X	X(fosfatos)		
	Oxidación química					X			
	Filtros					X	X	X	

Fuente: (Barrera, 1987).

2.4.1.2.1.2. Homogenización.

La homogenización generalmente es efectuada en tanques anticorrosivos pudiendo contar con extractores de fango o dispositivo para remover la materia flotante; se puede revolver para prevenir la sedimentación y para ayudar a homogenizar la carga de contaminación, o puede airearse para minimizar el grado de septicidad y el malestar de los olores que pueden resultar del almacenamiento de los desperdicios que son biodegradables (Thomas et al., 1994).

Otra de las funciones que pueden prestar estos tanques, es para recolectar y absorber descargas súbitas de aguas residuales fuertes, o inhibitorias, permitiendo que su descarga en las instalaciones de tratamiento se haga en forma controlada o puede ser utilizada como un medio para mezclas, con fines de neutralización por ejemplo (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.1.3. Remoción de Grasa/Aceite Libre.

La grasa/aceite libre puede removerse en una forma relativamente simple y eficaz por medio de la separación por gravedad, en la que la grasa/aceite flota hacia la superficie. La remoción puede realizarse manual o mecánicamente dependiendo del diseño y tipo de tanque, donde pueden utilizarse como un sistema de doble propósito; es decir, que el proceso incluya el equilibramiento de los flujos y cargas, así como la remoción de la grasa y los sólidos que son asentables (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.1.4. Sedimentación.

Es un proceso mediante el cual persigue la separación de los sólidos en suspensión, pudiéndose usar un flujo continuo de los tanques de llenado y secado. El diseño, que usualmente llega a combinar eficacia con economía, es el tanque circular, con rascado mecánico para remover el fango. Pudiendo resultar, en algunas ocasiones, el tanque rectangular o cuadrado mas económicos y proveer una eficacia aceptable. Dependiendo del tipo de sólidos asentables y de su deshidratabilidad, las lagunas también son una posible alternativa, siempre que se le dé la debida consideración a los efectos de la acumulación de

fangos antes de su eventual remoción por dragado y el riesgo del problema del hedor (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.1.5. Control del pH.

El control del pH normalmente se practica agregando un alcalino o un ácido al flujo de aguas residuales, bien al comienzo de un canal mezclante, o en un tanque mezclador: algunas veces es suficiente el control por medio del ajuste manual de la dosis química, pero es más usual el control automático utilizando el electrodo de pH para controlar el mecanismo dosificador y asegurar que el control está, en todo momento, dentro de los límites requeridos ya prefijados. Los químicos más usados son cal, sosa cáustica, carbonato de sodio anhídrico (ceniza de soda), ácido sulfúrico y ácido clorhídrico (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.1.6. Floculación.

Es un proceso de clarificación de aguas residuales por medio de dispersar las emulsiones y/o la remoción física de la materia sólida en suspensión. La remoción o reducción de la grasa/aceite emulsionada y de la materia suspendida, y consecuentemente una parte de la demanda de oxígeno, generalmente se efectúa por este proceso (Thomas et al., 1994).

Las operaciones de mezcla, floculación y sedimentación subsecuente en pequeñas plantas de tratamiento, pueden efectuarse en tanques separados usando el proceso con cargas intermitentes. Sin embargo, con grandes volúmenes de aguas residuales es más aplicable el sistema de flujo continuo (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.2. Tratamiento Secundario.

Este tipo de tratamiento incluye el tratamiento biológico, el tratamiento de lodos, combustión directa, quema catalítica y evaporación.

2.4.1.2.2.1. Biológico.

A menudo, el tratamiento biológico es el método más económico y práctico de tratamiento disponible para las industrias que producen efluentes con base orgánica. La existencia de componentes altamente tóxicos (concentraciones significativas de metales pesados) o de material inhibidor (niveles altos de grasa/aceites), el tratamiento biológico no puede usarse, a menos que estos componentes se puedan eliminar o segregarse de la corriente de aguas residuales; sin embargo, la gran mayoría de químicos orgánicos puede biodegradarse usando una bacteria acondicionada. Los procesos para el tratamiento biológico usualmente son más eficientes cuando se operan dentro de la escala de pH de 6.5-8.0 (Thomas et al., 1994).

Existen un número de formas para medir la "tratabilidad" de un desecho, pero la mayoría depende de la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la medida o apreciación de la última demanda de oxígeno. Una forma de enfocarlo es considerar la proporción de DQO:DBO; si esta razón excede unos 2:1, es probable que la corriente de desechos sea significativamente menos fácil de tratar que las aguas residuales domésticas (Thomas et al., 1994).

Sin embargo, este enfoque no es exacto; por ejemplo, un nivel alto de sólidos en suspensión relativamente inertes, pueden producir una proporción de aguas residuales brutas de DQO:DBO por encima de 3:1, pero que generalmente es de 2:1 después de la clarificación primaria (Thomas et al., 1994).

La tratabilidad de las aguas residuales puede estar influenciada por una concentración de nutrientes esenciales. Para poder lograr el grado más alto de biodegradabilidad, debe estar presente un nivel mínimo de estos nutrientes. Los nutrientes más importantes son nitrógeno y fósforo; es poco probable que estos restrinjan el metabolismo bacteriano siempre que estén presentes en concentraciones lo suficientemente grandes para obtener una razón de DBO:N:F de 100:5:1. Siendo que todas las concentraciones de estos nutrientes se encuentran disponibles, en las aguas residuales, no todas las fracciones orgánicas se encuentran en forma utilizable, solo el 50 % se encontrará en una forma utilizable en procesos biológicos aeróbicos de mediana y alta carga (Thomas et al., 1994).

El tratamiento biológico depende de la habilidad de la bacteria y de otra flora y fauna para utilizar los componentes orgánicos de un desecho biodegradable como alimento, convirtiéndolos en productos inorgánicos inofensivos. El proceso puede ser aeróbico, dependiendo de la presencia de oxígeno; anaeróbico, dependiendo de la ausencia de oxígeno; y/o facultativo, intermedio entre los otros (Thomas et al., 1994).

La selección óptima para un sistema de estanques, más adecuado para una circunstancia en particular, es dictada por el volumen, naturaleza y potencia de las aguas residuales y el estándar del efluente que se requiere. Las circunstancias pueden requerir una combinación de dos o más de los sistemas dentro de una instalación de estanques múltiples (Thomas et al., 1994).

Dependiendo de la disponibilidad de terreno para la construcción de las obras y de los alcances de los resultados a conseguir, unas de las alternativas de procesos aeróbicos son:

- I. Proceso "de película fina" de filtración biológica que implica un medio natural inerte o plástico con aire natural (entrenamiento de oxígeno) y con sedimentación final de sólidos orgánicos.
- II. Proceso de "crecimiento de suspensión" del fango activado que incluye una aereación mecánica o de aire-insuflado, sedimentación final y facilidades de bombeo para regresar el fango (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.2.2. Tratamiento de Lodos (fango).

El tratamiento y el deshacerse del fango, probablemente, es el aspecto más problemático y a menudo lo más difícil del tratamiento de las aguas residuales industriales, existiendo variantes en cuanto a los tipos de fangos (primarios, secundarios, residuales y otros).

Los fangos primarios que se asientan en los tanques de sedimentación primaria contendrán una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Los fangos secundarios, son los que surgen del tratamiento biológico de las aguas residuales, básicamente son orgánicos y no tóxicos. Aunque se llegue a practicar un tratamiento para el fango, y hasta que etapa se efectúe el tratamiento, siempre habrá un lodo o residuo al final del que hay que

habrá que deshacerse. Además podrán producirse otros tipos de fangos específicos de algunos procesos productivos (Thomas et al., 1994).

La mayoría de los fangos primarios pueden secarse al aire libre a un costo relativamente bajo en lechos para el secado de fangos o en lagunas de poca profundidad antes de desecharlas hasta un relleno sanitario. Caso muy particular presenta el fango primario grasoso, altamente putrecible procedente del procesamiento de la carne, siendo la mejor alternativa el preprocesamiento de los fangos en una planta reproductora de subproductos de la fábrica, para producir alimentos de animales; de lo contrario se requerirá el almacenamiento de lodos, espesamiento y el deshacerse de ellos en una forma apropiada (Thomas et al., 1994).

2.4.1.2.2.3. Combustión Directa.

La quema directa de los desechos orgánicos de los procesos industriales es un método de disposición común. La disminución del agua y la concentración del efluente de agua de desecho en más de 10 % de contenido orgánico permite emplear la quema directa con un costo razonable. La combustión húmeda con aire u oxígeno a 300 °C y presiones superiores a 1750 psi se ha empleado para lodos, no empleándose aun en el control de desechos industriales (Barrera, 1987).

2.4.1.2.2.4. Quema Catalítica y Evaporación.

El quemador catalítico utilizado ampliamente para el control de las emisiones olorosas, también puede utilizarse para destruir materia orgánica si el agua de desecho es evaporada previamente (Barrera, 1987).

2.4.2. Criterios para la Selección del Método Apropriado.

La selección del método de control adecuado deberá considerar un análisis de las siguientes características:

- La naturaleza del desecho. A través del análisis de la composición química y variabilidad en la descarga, presencia de metales pesados; ya que estos dificultan la acción del tratamiento biológico (cuadro 5).
- Grado de tratamiento o calidad del efluente.
- Dificultades en la operación de los procesos de tratamiento.

2.4.3. Clasificación de los Tipos de Tratamiento de Desechos Líquidos.

Según Barrera (1987), la clasificación de los tipos de tratamiento son realizados en base a el grado de reducción de la contaminación y del mecanismo del proceso, agrupándose en:

- Tratamiento previo o primario: Elimina las materias sólidas que se sedimentan o flotan y reduce moderadamente la materia orgánica biodegradable.
- Tratamiento secundario: Elimina la materia orgánica biodegradable no retirada en el tratamiento primario por medio de microorganismos.
- Tratamiento terciario: Elimina la materia orgánica no biodegradable, los sólidos en suspensión y las sales inorgánicas.

Cuadro 5. Características de algunos efluentes líquidos agroindustriales.

Industria productora del efluente	Origen de los desechos	Características principales de los desechos	Tratamiento adecuado
Productos lácteos	Diluciones de leche entera, descremado, mantequilla, suero.	Alta materia orgánica disuelta, principalmente proteína, grasa y lactosa.	Tratamiento biológico, aereación, filtración biológica, tratamiento por procesos de lodos activados.
Carne	Corrales de ganado, matanza de ganado, extracción de grasas y huesos, residuos en condensados, grasa y agua de lavado, desperdicios de pollos.	Alta materia orgánica suspendida y disuelta, sangre, grasas y proteínas.	Cribado, sedimentación, flotación, filtración biológica.
Alimentos de animales	Excretas de animales.	Concentracione alta de sólidos orgánicos suspendidos y materia oxidable por vía biológica.	Disposición en la tierra y lagunas de anaeróbicas.
Alimentos enlatados	Recorte, selección, zumo y pelado de frutas y vegetales.	Altos sólidos suspendidos, materia coloidal y orgánica disuelta.	Cribado, absorción en el suelo, irrigación, lagunas.

Fuente: (Barrera, 1987).

2.5. Normas para Efluentes.

Las normas para los efluentes surgen como una necesidad para controlar la contaminación de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos y encontrar de esta forma un punto equilibrado con el óptimo social de calidad ambiental.

El problema para la determinación de un cierto nivel de calidad, para el agua de los efluentes, es considerablemente difícil; dado que la purificación natural del agua, el desarrollo económico de la zona y las preferencias sociales de los habitantes, son algunos de los factores que deben ser tomados en consideración (FAO, 1981).

La serie de normas que deben aplicarse a los efluentes, deben permitir a cada fuente contaminadora, el vertido de una cierta cantidad de residuos, tal que la suma total de los mismos no degrade la calidad del agua, encontrándose esta por debajo del nivel previamente establecido (Barrera, 1987; FAO, 1981).

Las variables usuales, que miden la contaminación de las aguas de desecho son:

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
- Demanda química de oxígeno (DQO).
- Sólidos suspendidos y sólidos totales en suspensión.
- pH.
- Temperatura.

La Agencia de los Estados Unidos para la protección del ambiente (EPA, 1992), ha establecido normas para los efluentes, destacándose los parámetros que deben controlarse, dependiendo del origen de las actividades que generan los desechos (anexo 4).

En Latinoamérica, México como ejemplo, las normas oficiales representadas por el reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas, implementan el registro por parte de los propietarios, encargados o representantes de establecimientos, servicios o instalaciones públicas o privadas que originen o motiven una descarga de agua residual, con excepción de las descargas provenientes de usos puramente domésticos. Esta reglamentación determina y fija las condiciones particulares para las descargas de aguas residuales cuyas características físicas, químicas y bacteriológicas deberán satisfacer las aguas residuales antes de su descarga al cuerpo receptor y el respectivo protocolo de muestreo y

determinación de 39 contaminantes contenidos en el reglamento (México. Coordinación de proyectos de desarrollo, 1982).

La política de los organismos encargados del saneamiento y control de la contaminación en cada país, deben regular el vertido de desechos con el principal fin de mantener una calidad adecuada de los lagos, ríos y estuarios que se encuentran vulnerables a procesos degradativos (Burt, 1993).

En el anexo 5 se presentan algunas normas recomendadas para la descarga de desechos líquidos a cuerpos de agua superficiales.

2.6. Derecho de Descarga.

El derecho de descarga es una medida legal que toma a consideración la implementación de una serie de reglamentos y normas legales, que reglamentan cobros que consideran la degradación del medio ambiente; y la generación de desechos y residuos por emisiones de aguas residuales, entre otros.

Este derecho busca la prevención de la contaminación de las aguas, buscando la conservación de las mismas, en su estado natural; es decir, que los elementos químicos que la componen no se alteren. Con esto se persigue relacionar su uso y aprovechar la capacidad de asimilación que tienen las aguas para recibir una cierta carga de sustancias contaminantes en función de sus características, de manera que no se altere su calidad para el uso que se haga o se pretenda hacer de ellas (Comisión nacional del agua, 1991).

Dicho ordenamiento prevé a quien genere descargas en las redes colectoras, ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, y también en el caso de derrames de aguas residuales en los suelos o su infiltración en terrenos, realizar el tratamiento previo respectivo (Comisión nacional del agua, 1991).

El cobro de un derecho por descargar aguas residuales es práctica común en numerosos países, un caso específico es el implementado en México, a través de la Ley Federal de Desechos, denominado "Derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales", el cual establece el cumplimiento de las siguientes variables de calidad del agua:

1. Demanda química de oxígeno, valor máximo: 300 mg/l².
2. Sólidos sedimentables, valor máximo: 30 mg/l.
3. Grasa y Aceites, valor máximo: 70 mg/l.
4. Materia flotante: Ninguna que pueda ser retenida por malla de 3 mm de claro libre cuadrado.
5. Temperatura, valor máximo: 35 °C.
6. Potencial de hidrógeno (pH): 4.5 - 10.

Todas estas variables deberán respaldarse por una serie de consideraciones políticas que respalden las normas, tomando las consideraciones el grado de contaminación, medido a través de las concentraciones que presenten, zona de disponibilidad donde se encuentre ubicada la descarga del contribuyente y la respectiva determinación del volumen total de agua residual descargada por los diferentes tipos de personas físicas y morales (Comisión nacional del agua, 1991).

Las variables (1.) y (2.) son los principales valores que contempla su normatividad.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación Geográfica.

La Escuela Agrícola Panamericana está ubicada a 29 km de Tegucigalpa en el Valle del Río Yeguaré. Este se encuentra ubicado en la parte Sur-Oriental del país, entre los departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso.

El valle se ubica entre los 13°55' y 14°02' latitud norte y 86°56' y 87°03' longitud oeste. La elevación promedio según el estudio de suelos de la zona, es de 774 msnm, la temperatura media anual es de 24.4 °C, siendo mayo el mes más cálido con una temperatura media de 26.8 °C y enero el mes más frío con 22.5 °C.

Desde el punto de vista térmico el Valle del Río Yeguaré presenta condiciones climáticas estables. La precipitación promedio es de 1110 mm anuales. El período lluvioso es de mayo a octubre con una merma en el mes de julio. El período seco transcurre de enero a abril.

La topografía del valle es plana a casi plana con pendientes entre 0-2 % y grados de erosión ligera. Los suelos en gran parte son dedicados a cultivos básicos, extensivos, potreros y edificaciones (DEC³ y EAP, 1989).

3.2. Contexto General.

De acuerdo a la distribución y usos que se le proporciona a los recursos, en el valle del Río Yeguaré en la propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano", se encuentran cuatro áreas de importancia: Zootecnia, Agronomía, Horticultura y el destinado a las residencias, este último propiciando un nivel de impacto similar al de cualquier centro urbano, diferenciándose en cuanto a intensidad se refiere (figura 3).

³ DEC = Dirección Ejecutiva de Catastro.

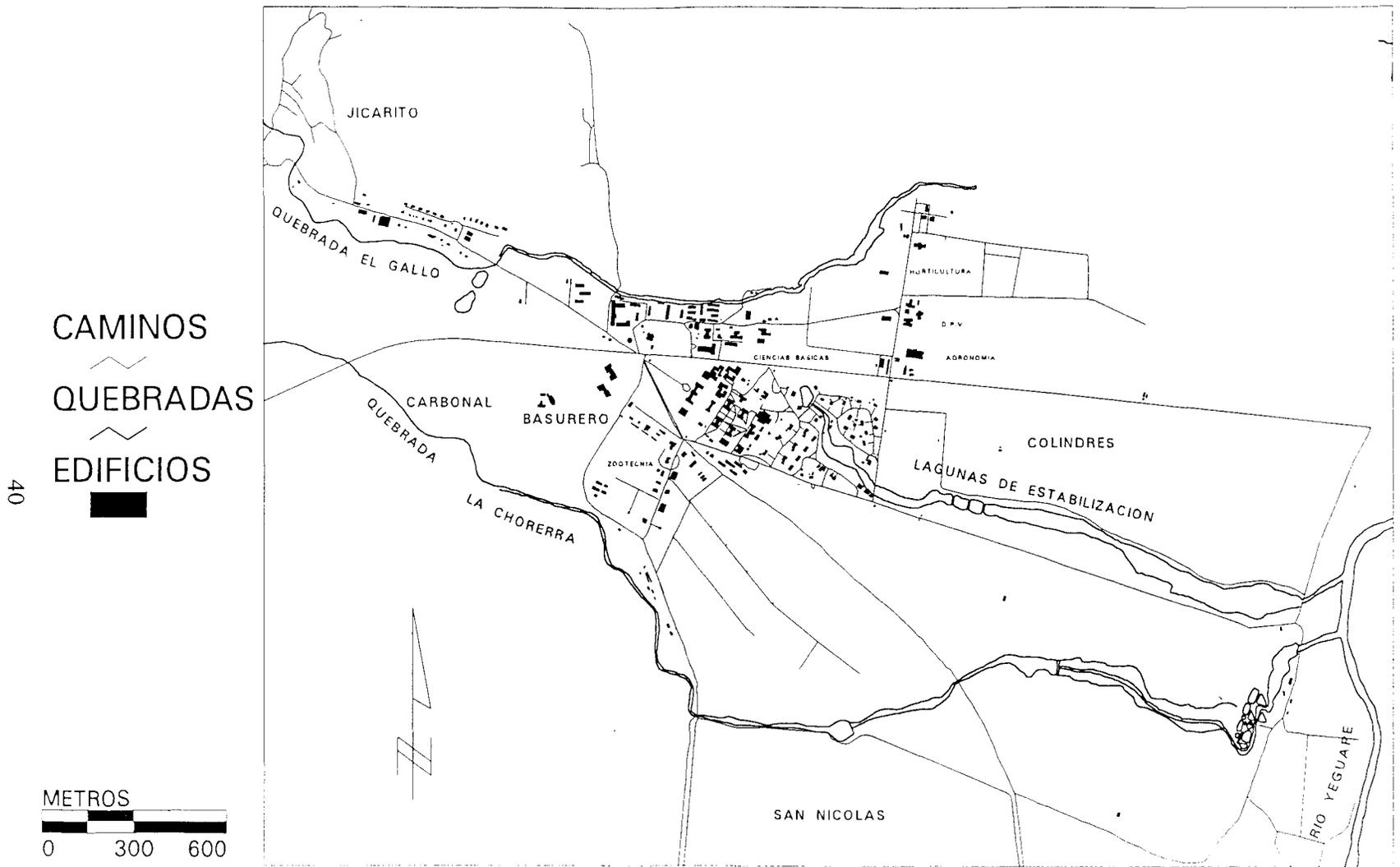


Figura 3. Mapa General de la Escuela Agrícola Panamericana.

3.3. Hidrografía.

El principal drenaje natural del valle lo constituye el Río Yeguaré, donde al noreste se integra al Río Choluteca; la corriente del Yeguaré es considerada como una de las importantes que convergen al Río Choluteca, alcanzando caudales aproximados de 0.3 m³/s en la época seca y 1.5 m³/s en el período de lluvias⁴.

Los primeros afluentes del Río Yeguaré son el Río Leotuna, la quebrada Santa Inés y el Río La Orilla al noroeste, existen una serie de quebradas que convergen al Yeguaré, siendo algunas de ellas quebradas permanentes y otras efímeras.

En la propiedad de Zamorano, son tres las quebradas que contribuyen al cauce del Río Yeguaré: la quebrada El Gallo, que atraviesa el pueblo de Jicarito; la quebrada de Aguas Negras, proveniente casi en su totalidad del campus y la quebrada La Chorrera que atraviesa el área de Zootecnia hacia el sur.

3.3.1. Quebradas Receptoras de Desechos.

El Río Yeguaré, atraviesa a Zamorano transversalmente de sur a norte en su parte este; bordeando la zona de Las Vegas y Matazanos.

La quebrada de aguas negras es proveniente en su mayoría del campus de Zamorano, mientras que las quebradas del Gallo y La Chorrera efluyen de forma directa desechos de diversas fuentes de la actividad agropecuaria de Zamorano, las mismas que son vertidas a sus cauces sin ningún tratamiento, a su vez ambas quebradas ingresan a propiedad de Zamorano con una determinada calidad de sus aguas, debido a la incidencia de otros contaminantes aguas arriba.

3.3.2. Contexto de La Chorrera en el Área de Estudio.

La quebrada La Chorrera nace en las proximidades del cerro Uyuca cerca al caserío de Agua Sarca, en su descenso hacia el valle atraviesa la carretera Panamericana e ingresa a la propiedad de Zamorano. Esta quebrada presenta desde su origen un flujo estacional

BARTLETT, T. 1994. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

caracterizado en seis meses de sequía de Noviembre a Mayo, y seis meses de lluvia de Mayo a Noviembre normalmente, presentando grandes irregularidades en cuanto al establecimiento de su caudal⁵.

A la altura del área conocida como Carbonal, la quebrada se encuentra con un basurero, el cual colecta la mayor parte de los desechos sólidos de Zamorano; más abajo, atraviesa por algunos corrales de ganado de carne y luego recibe las descargas directas de la unidad de cabras y a pocos metros del sistema de alcantarillado de Zootecnia, pudiendo encontrarse, a partir de este punto, un flujo relativamente escaso y constante.

Aguas abajo y a orillas de la quebrada es posible encontrar un par de viviendas, las cuales se encuentran habitadas, para unirse posteriormente con una laguna artificial "Laguna Titicaca", en el área de San Nicolás, construida con fines de almacenamiento de agua para riego.

Normalmente el cauce de la quebrada no es suficiente para fluir desde la descarga del sistema de alcantarillado hasta la laguna; donde la capacidad de almacenaje, infiltración y evaporación del caudal en el lecho de la quebrada, es suficiente para eliminar el flujo superficial.

De acuerdo a la trayectoria de la quebrada y la ocurrencia de impactos en la calidad del medio natural, se encuentran algunos focos contaminantes que ejercen directa presión en el medio, describiéndolos la siguiente secuencia de ocurrencia:

Externos a Zamorano:

- Caseríos de Agua Sarca y La Joya.
- Carretera Panamericana.

Internos a Zamorano:

- Basurero.
- Descarga directa de desechos líquidos de la unidad de cabras.

⁵ MARADIAGA, F. 1994. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

- Descarga del sistema de alcantarillado.
 - Desechos de Industrias lácteas e Industrias cárnicas.
 - Unidades de producción animal:
 - Matadero de pollos.
 - Establo de ordeño.
 - Unidad vieja de cerdos.
 - Unidad de sanidad animal.
 - Servicios y baños de edificios de Zootecnia.
- Viviendas (letrinas y desechos).
- Escorrentia superficial (suelo, fertilizantes, plaguicidas, etc).

3.4. Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.

El sistema de desagüe de residuos de la agroindustria pecuaria de Zamorano, de forma centralizada, colecta y conduce todas la aguas residuales de los procesos productivos de las principales unidades de producción agropecuaria, ubicadas en el área de Zootecnia (figura 4). Este sistema conduce los efluentes para posteriormente descargarlos a la quebrada más próxima al área.

El sistema de alcantarillado, responde a características típicas de construcción que cuenta con una salida dirigida al cuerpo de agua más próximo; esto se debe a que se trata de aprovechar la capacidad depuradora de cuerpos de agua que cuentan con un flujo determinado y que brinden una posibilidad de dilución. Esta capacidad de depuración se convierte en una posibilidad de tratamiento natural de aguas de desecho, considerándose por lo general como un medio idóneo para el vertimiento de desecho líquidos. En el caso del estudio, la quebrada receptora de desechos más próxima al área bajo producción, es la quebrada "La Chorrera".

Este sistema tiene una extensión aproximada de 1099 m y fue renovado en 1987 cambiándose el sistema por tuberías de PVC de 8 y 10 pulgadas, con el fin de otorgarle una una mayor capacidad de transporte de desechos líquidos.

- Quebrada 
- Edificios 
- Caminos 
- Tuberia 

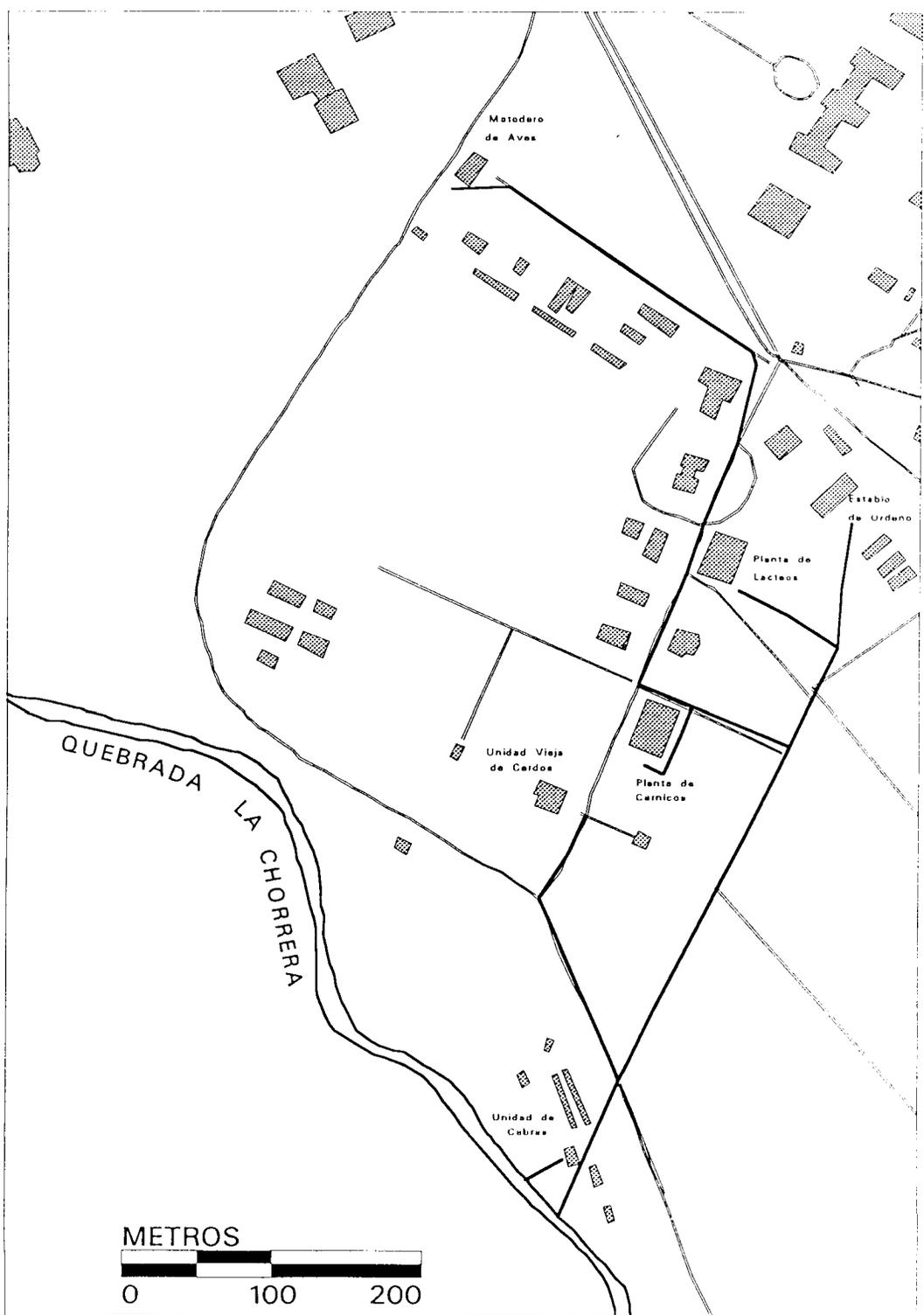


Figura 4. Mapa de la red de alcantarilla de Zootecnia.

La situación de la quebrada se ha caracterizado desde 1993, según las observaciones de campo, por haberse producido cambios en los volúmenes que arrastraba en su cauce, encontrándose completamente seca incluso en ambas estaciones del año, modificando su capacidad de tratamiento y depuración.

En la actualidad este punto de descarga se ha convertido en una cloaca que colecta las aguas residuales del área de Zootecnia, incluyendo como principal constituyente los efluentes de los procesos productivos agropecuarios como también la mayor parte de desechos domésticos del área.

El sistema se puede apreciar en el anexo 6, esquematizado a través de sus principales aportantes en términos de flujo de desechos líquidos que ejercen impactos en la quebrada La Chorrera.

3.5. Delimitación y Período de Realización.

El estudio evalúa los impactos ejercidos de forma directa en la quebrada La Chorrera, ubicada en el área de Zootecnia; a partir del Carbonal hasta la laguna Titicaca.

El estudio se realizó durante los meses de mayo del 1994 a enero del 1995, tiempo en el cual se distribuyeron los períodos de toma de datos de campo, a través de la información levantada y la posterior secuencia de análisis del contexto estudiado. En consecuencia, los datos obtenidos representan la situación encontrada durante el mencionado período de trabajo.

3.6. Diseño del Estudio.

El estudio se inició con la descripción del sistema de la quebrada La Chorrera, en el área delimitada para el estudio. Son descritos e identificados los riesgos puntuales y no puntuales de contaminación, mediante la identificación de las situaciones existentes vinculados con el sistema de La Chorrera.

Se realizó el mapeo y análisis geográfico del contexto a través de dos sistemas de información geográfico (SIG), uno para recopilar información de los sitios específicos de campo (sistema de posición global-SPG) y el otro para manejar la información anterior determinándose de esta forma las características del contexto de la quebrada.

Cualitativamente en cada unidad seleccionada para el muestreo se describen los procesos que forman parte de las actividades, identificándose las entradas de insumos y salidas de productos y subproductos, para esquematizarlos en diagramas de flujo de acuerdo a cada actividad productiva.

Posteriormente se realizó la cuantificación de los desechos líquidos en cada una de las unidades seleccionadas, subdividiéndose de acuerdo con el tipo de variables que se midieron y la disponibilidad de equipo para las respectivas mediciones de calidad.

3.7. Recolección de Muestras.

Las muestras fueron recolectadas de acuerdo al horario de producción de cada unidad seleccionada para el muestreo, siendo estos los períodos de producción de desechos líquidos en el área de estudio.

Cada recipiente utilizado para el muestreo de los efluentes, fue cuidadosamente lavado siguiendo procedimientos para el muestreo de desechos líquidos, los cuales pueden apreciarse como una parte del procedimiento de toma de muestras (anexo 7). De acuerdo a las variables a determinar se siguieron ciertos lineamientos en la toma de muestras.

3.7.1. Tipos de Muestreo.

Para la recolección de muestras y el respectivo análisis se realizaron dos tipos de muestreo, muestreo simple y compuesto. Se seleccionó el tipo de muestreo dependiendo de la variable analizada, en el anexo 8 se presentan las frecuencias de muestreo en ambos tipos de muestros empleados.

3.7.1.1. Muestreo Simple.

Este muestreo consistió en el levantamiento de las muestras en cada salida de los sistemas de drenaje de las unidades a analizar para su posterior análisis en el campo, fueron muestreos realizados de forma directa en cada efluente. Es decir, se tomó una cantidad de agua, en un momento dado, del efluente a muestrear en un recipiente, para posteriormente

analizarla, cada muestra tuvo un intervalo de 30 minutos entre cada muestra, prolongándose la secuencia de muestreo durante un período de trabajo en cada lugar muestreado.

Las muestras se tomaron en frascos de vidrio boca ancha (35 mm) con capacidad de 470 ml, cada botella fueron lavadas tres veces con las aguas residuales del sitio a muestrear, antes del levantamiento de la muestra a analizar; con el propósito de evitar el mezclado de sustancias que pudiesen alterar la calidad de los análisis a realizar. Posteriormente y entre cada intervalo cada muestra se analizaron aquellas variables medidas directamente en el campo.

3.7.1.2. Muestreo Compuesto.

El muestreo compuesto constó de una serie de muestras simples para posteriormente obtener, de todas ellas, una muestra compuesta proporcional al volumen de descarga de cada una, formando un volumen de 2000 ml proporcional a toda la jornada de muestreo para el análisis respectivo de laboratorio.

El levantamiento de cada muestra simple se realizó con una frecuencia de 15 minutos, utilizando recipientes plásticos con capacidad para almacenar 800 ml de muestra. En cada muestra simple también se midió el caudal instantáneo, para luego almacenarlas a baja temperatura y calcular de acuerdo al caudal, el porcentaje de muestra que cada una aportaría a la muestra compuesta. Fue determinada esta frecuencia de muestreo debido a la gran variabilidad debido a la frecuente variación de las actividades productivas, y consecuentemente en la producción de desechos líquidos en cada unidad muestreada.

La metodología de cálculo empleada para la obtención de cada muestra compuesta una vez obtenidas las muestras simples durante una jornada completa de generación de desechos líquidos, siguió los siguientes pasos:

1. De acuerdo a la capacidad del recipiente y a los tiempos obtenidos para su llenado se calculó el caudal instantáneo de descarga en l/s para cada muestra simple.
2. Se procedió a la sumatoria de los caudales instantáneos, para obtener el caudal total de descarga durante cada jornada de muestreo.

3. Se calculó el porcentaje de caudal diario para cada caudal instantáneo en base al caudal total de descarga.

4. Se constató que la sumatoria de los porcentajes de caudal diario calculados fueran 100, representando este el porcentaje considerado en el cálculo del caudal total de descarga.

5. De acuerdo al volumen requerido por laboratorio de muestra final (en el caso del estudio 1000 ml por muestra), se calcula el volumen de cada muestra simple que formará parte del volumen de la muestra final. Este cálculo fue realizado en base a cada porcentaje de caudal diario y al volumen de la muestra final, calculándose volúmenes instantáneos para cada muestra realizada.

6. Finalmente mediante probetas graduadas se midieron cada volumen calculado formándose la muestra compuesta.

3.7.2. Caudal.

El caudal medido y calculado es una medida que cuantifica el volumen de aguas residuales, vertidos a un determinado cuerpo de agua en un tiempo dado, pudiendo ser expresada en l/s o equivalentes. La determinación de los caudales se realizaron mediante aforos directos en la caja colectora del sistema de drenaje de cada unidad muestreada.

El aforo de cada uno de los puntos a muestrear fueron realizados en el campo con recipientes que de acuerdo con la situación física en cada sitio variaron, utilizándose recipientes graduados de 500 y 1000 ml y de 19 l en algunos casos.

Se requirió de un cronómetro para medir los tiempos de llenado del recipiente, para posteriormente calcular los caudales respectivos para cada efluente, expresados en litros por segundo.

Se midió el tiempo (T) en segundos necesarios para que el recipiente utilizado se llene, repitiéndose la medida cuatro veces para reducir el margen de error. Se trazó que por lo menos tres tiempos obtenidos, en cada medición, se encuentren menos del 10 % de diferencia, entre el máximo y el mínimo obtenido.

En la determinación del volumen de descarga de la planta de cárnicos se presentó dificultades físicas que impidieron la medición directa de los volúmenes de descarga. Debido a lo anterior el volumen de descarga se calculó de acuerdo a parámetros característicos de producción de aguas de desecho de actividades de la misma categoría agroindustrial pecuaria. El cálculo del caudal fue en base al volumen de descarga esperado en la producción de una planta del mismo género, este volumen esperado indica que se ocupan 10.54 m³ por tonelada de producción en peso en canal, obteniéndose el volumen de descarga de la planta en base a esta característica y al rendimiento en peso a canal obtenido en la actividad productiva.

Datos referentes a los rendimientos de producción indican que el 72.5 % del peso vivo de cada cerdo es el rendimiento en canal, y el 53 % en el caso de las reses; considerando que los cerdos ingresan a sacrificio con un peso promedio de 226.63 lbs y las reses con 487 lbs, según datos estadísticos de la actividad de la planta (Torres, 1995)⁶

A nivel del sistema de alcantarillado de Zootecnia se determinó la tendencia del volumen de descarga durante un período de 12 horas continuas, abarcando todos los efluentes producidos durante una jornada completa de actividades productivas, teniendo un intervalo entre cada medición de 15 minutos.

3.7.3. Estimaciones de Consumo.

Existe una relación directa entre la cantidad de agua consumida para efectos productivos y el volumen de producción de aguas de desecho, claro que a esto podrá sumarse otros factores tales como el volumen de producción, número de operarios, fugas y otros.

Las estimaciones fueron realizadas en base a los consumos de agua específicos en el área de Zootecnia durante los días de muestreo, para luego determinar el porcentaje de consumo de las actividades agropecuarias analizadas en el estudio.

⁶ TORRES, F. 1995. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

3.8. Caracterización de la Calidad de las Descargas.

La caracterización de las descargas se realizó de acuerdo con la calidad fisico-química y bioquímica que presentaba cada efluente; analizándose ciertas variables que fueron los indicadores de calidad para efectos de este estudio.

Algunos análisis fueron determinados en el campo ayudados y ciertas variables que requieren de análisis de laboratorio fueron realizados en Tegucigalpa en el laboratorio de análisis industriales "MQ", se usó este laboratorio debido a que no se cuenta, todavía, con un laboratorio capacitado para análisis específicos de calidad de agua en Zamorano y por la flexibilidad en cuanto al tiempo en la recepción de muestras.

En cada muestra se tuvo el cuidado de rotular debidamente cada recipiente, debido a la acumulación de muestras durante una jornada de muestreo, una vez obtenida cada muestra, ésta fue ubicada en una hielera para conservar la muestra a bajas temperaturas y en un ambiente sin la incidencia de luz. Para aquellas variables determinadas en laboratorio se preparó dos muestras compuestas, por sitio, de 1000 ml cada una. Una para la determinación de la DQO y la otra para analizarles las restantes variables.

3.8.1. Calidad Físico Química.

La calidad fisico-química de cada efluente fue determinado en base a la determinación de las siguientes variables:

- Temperatura (°C).
- Potencial de hidrógeno (pH).
- Turbidéz (NTU).
- Sólidos suspendidos (mg/l).

Las variables de temperatura, pH y turbidéz fueron determinadas mediante muestreos simples directamente en el campo y los sólidos suspendidos a través de muestreo compuesto y análisis de laboratorio.

3.8.1.1. Temperatura y Potencial de Hidrógeno.

El valor del pH en una solución es el logaritmo negativo de la concentración de los iones hidrógeno. Este valor es importante para averiguar si el agua tiene un pH entre 5-9, menos que 5, representará condiciones demasiado ácidas que significa que una proporción de los microorganismos no podrían funcionar en las condiciones ácidas⁷.

El pH se analizó directamente en el campo, mediante un potenciómetro digital de campo marca Kane-May, éste equipo mide de forma directa tanto el pH como la temperatura por medio de un electrodo y un termómetro que mide la temperatura en grados centígrados.

Se calibraron tanto pH como temperatura, con soluciones amortiguadoras de 4, 7, 9 y 10, el proceso de calibración fue realizado ajustándose en primera instancia la temperatura en que se encontraban las mismas soluciones amortiguadoras, para luego calibrar el pH respectivo.

Para una adecuada medición del pH fue necesario realizar una lectura previa de la temperatura en cada muestra, para luego determinar su pH. Este procedimiento es necesario ya que los grados de alcalinidad y acidez se encuentran directamente relacionados con la temperatura de las muestras (APHA, AWWA y WEF, 1992).

El mecanismo de mediciones de las muestras, consistió en una constante calibración de la temperatura con el equipo, para que de esta forma las mediciones de pH se ajustaran a los mecanismos de manipulación del equipo.

3.8.1.2. Turbidéz.

La turbidéz es la expresión de una propiedad óptica de la materia fina suspendida, que hacen que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan en línea recta a través de ella (APHA, AWWA y WPCF, 1963).

⁷ THOMAS, A. 1995. (E.S.A. Consultores), Hond., Tegucigalpa. (Comunicación personal).

La turbidez fue medida directamente en el campo mediante el tubo de turbidez marca DelAgua, instrumento proporcionado por el SANAA⁸ a través de su departamento de hidrogeología, el mismo que mediante una graduación logarítmica estandarizada proporciona lecturas de la turbidez entre 2000 a 5 unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

Los datos fueron agrupados en clases de acuerdo a la escala logarítmica del instrumento de medición (cuadro 6).

Cuadro 6. Agrupamiento de los valores logarítmicos de turbidez según el instrumento de medición.

CLASES	RANGOS (NTU)	CLASES	RANGOS (NTU)
1	5 - 10	8	>100 - 200
2	>10 - 20	9	>200 - 300
3	>20 - 30	10	>300 - 500
4	>30 - 40	11	>500 - 1000
5	>40 - 50	12	>1000 - 2000
6	>50 - 75	13	>2000
7	>75 - 100		

3.8.1.3. Sólidos Suspendidos.

Es una medida de la materia que se agrega a un curso de agua, es uno de los parámetros empleados para la medición de la contaminación abiótica provocado por un efluente. Los sólidos suspendidos se depositan en el lecho de ríos, quebradas, lagos o cuerpo receptor del efluente líquido, alterando de esta forma el ecosistema del mismo o

⁸ SANAA = Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado.

pueden quedar suspendidos en la superficie de los mencionados cuerpos receptores (Ordoñez et al., 1992).

Los contaminantes presentes, en el agua pueden clasificarse en contaminantes disueltos y contaminantes no disueltos, total de sólidos disueltos (TSD) y total de sólidos suspendidos (TSS). Ambos parámetros son diferenciados en laboratorio mediante procesos de filtración, donde el TSS se diferencia por poder pasar por filtros mayores a 0.45 m, mientras que el TSD pueden pasar por filtros menores o iguales a 0.45 m (APHA, AWWA y WEF, 1992; Chapman, 1992).

Los contaminantes en suspensión producen, entre otros, los siguientes efectos indeseables en los cuerpos receptores: turbiedad en las aguas e interferencia con el paso de la luz, formación de depósitos en el fondo de los cuerpos receptores, que a la larga disminuyen sus volúmenes útiles y formación de bancos sépticos que ahogan la vida bentónica (Comisión nacional del agua, 1991).

De acuerdo a los métodos estándares para exámenes de aguas de desecho, la determinación es realizada en laboratorio, mediante filtración, evaporación y secado. La volatilización de la materia orgánica de los sólidos de aguas negras está sujeta a muchos errores. Verificándose en un horno a 600 °C, donde las pérdidas por calcinación se reportan como mg/l de sólidos suspendidos volátiles y la ceniza remanente se reporta como mg/l de sólidos suspendidos fijos (APHA, AWWA y WEF, 1992).

3.8.2. Calidad Bioquímica.

Las variables empleadas para la determinación de la calidad bioquímica de los efluentes fueron las siguientes:

- Oxígeno disuelto (mg/l).
- Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l).
- Demanda química de oxígeno (mg/l).
- Aceites y grasa (mg/l).
- Nitratos (mg/l).

Las variables oxígeno disuelto y nitratos se determinaron directamente en el campo mediante muestreos simples y la determinación de las demandas de oxígeno y aceites y grasas mediante análisis de laboratorio.

3.8.2.1. Oxígeno Disuelto.

El oxígeno en el agua es un elemento fundamental para la supervivencia de muchos organismos vivos, ya que interviene en los procesos de respiración. El contenido del mismo varía con la temperatura, pH, salinidad, turbulencia, actividad fotosintética (algas-plantas), materia orgánica y la presión atmosférica (Chapman, 1992).

Las cantidades de oxígeno en el agua puede medirse a través del contenido de oxígeno disuelto (OD) y de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), los mismos que se convierten en importantes factores medidos de la calidad de los cuerpos de agua.

En aguas naturales normalmente las concentraciones encontradas oscilan entre 15 mg/l a 0 °C y 8 mg/l a 25 °C. Concentraciones bajo de 5 mg/l afectan negativamente comunidades biológicas y bajo de 2 mg/l la mayor parte de peces no podrán sobrevivir (Lee, 1994).

El OD, fue medido directamente en el campo, con el medidor de oxígeno YSI modelo 57, el cual usa un electrodo de membrana; este instrumento debió ser calibrado previa medición en el campo en base a la temperatura y a la escala de calibración y saturación de oxígeno (O₂) para el Zamorano.

Tanto el instrumento como la tabla para la calibración de datos para la lectura de oxígeno, fueron facilitados por el proyecto de acuicultura de Ciencias Básicas de Zamorano.

Para efectos de mediciones el electrodo fue sumergido en un frasco con la muestra y se esperó de 1 a 3 minutos a que se estabilice la lectura de oxígeno en la pantalla del medidor; las lecturas proporcionadas por el instrumento son medidas en miligramos por litro.

3.8.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida aproximada de la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable. Es definido por la cantidad de oxígeno

requerida por los microorganismos aeróbicos presentes en la muestra para oxidar la materia orgánica a una forma inorgánica estable.

Aguas no contaminadas tienen típicamente valores de DBO de 2 mg/l o menos, mientras que las aguas que reciben desechos orgánicos pueden tener valores arriba de 10 mg/l de DBO o más, pudiéndose encontrar concentraciones en aguas negras de 400 - 800 mg/l y algunos efluentes industriales podrán tener mas de 25000 mg/l (Chapman, 1992; Lee, 1994).

El método empleado para el análisis de la DBO, fue el de Winkler conocido como DBO₅, el cuál consiste en la medición de la cantidad de oxígeno consumido después de incubar la muestra, en la oscuridad, a una temperatura de 20 °C y por un lapso de tiempo de cinco días (APHA, AWWA y WEF, 1992; Boyd, 1979).

El consumo de oxígeno está determinado de la diferencia entre los niveles de oxígeno disuelto en la muestra, antes o después del período de incubación. Si la concentración de materia orgánica en la muestra es muy alta, las muestras deben ser diluidas con agua destilada antes de la incubación de tal forma que el oxígeno no es totalmente consumido (Chapman, 1992).

Una de las limitantes de este análisis es la presencia de cloro en la muestra. El cloro es un ión principal, que dependiendo del origen de el o los efluentes, será importante su determinación, previo análisis de la DBO, debido a que por sus características desinfectantes, su presencia podrá alterar los procesos de consumo de oxígeno, obligándose a realizar inoculaciones de microorganismos, los cuales simulen los niveles de consumo de oxígeno. En consecuencia, la presencia de cloro libre en la muestra minimiza la actividad biológica, proporcionando valores falsos de demanda de oxígeno.

Cada muestra destinada a la determinación de la DBO fue colectada y transportada a laboratorio inmediatamente después de haber culminado con la obtención de la muestra compuesta.

En los muestreos realizados a nivel de las descarga del sistema de alcantarillado, se determinó también la fluctuación de la descarga en términos de su comportamiento en 12 horas continuas de producción, mediante muestreos compuestos por hora y con una frecuencia de cada 15 minutos entre cada muestra para luego analizarlas en laboratorio.

3.8.2.3. Demanda Química de Oxígeno.

Es una medida del equivalente del oxígeno de la materia orgánica en una muestra de agua que es susceptible a oxidación por un oxidante químico fuerte como el dicromato. La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida ampliamente utilizada para saber la susceptibilidad a oxidación de materiales orgánicos e inorgánicos presentes en cuerpos de agua y en los efluentes que vienen de plantas industriales o de alcantarillado (Chapman, 1992).

Las concentraciones de DQO observadas en aguas superficiales van desde 20 mg/l de oxígeno o menos en aguas no contaminadas; hasta más de 200 mg/l de oxígeno en aguas que están recibiendo efluentes (Chapman, 1992).

El método estándar para la medición de la DQO es la oxidación de las muestras con dicromato de potasio, en una solución de ácido sulfúrico, seguido de una titulación (APHA, AWWA y WEF, 1992; Chapman, 1992).

Las muestras destinadas a la determinación de la DQO fueron colectadas y se le añadieron ácido sulfúrico, con el fin de reducirles el pH y ayudar a su conservación hasta su análisis, transportándolas a laboratorio inmediatamente después de haber culminado con la obtención de la muestra compuesta.

3.8.2.4. Aceites y Grasa.

Es la determinación de un grupo de sustancias con características físicas similares, son un conjunto de sustancias no volátiles, que se basan en una mutua solubilidad en el disolvente usado.

En aguas naturales algunos aceites y grasas pueden encontrarse en emulsión o en algunos casos en solución (fracciones ligeras de petróleo), donde la mayoría de los aceites pesados y grasas son insolubles en agua (Ordoñez et al., 1992).

El método empleado para su determinación es el de Soxhelt, el cuál mediante procesos de hidrolización, filtración y extracción se determina el contenido de grasa de la muestra, expresado en mg/l de grasa presente en una muestra (APHA, AWWA y WEF, 1992).

3.8.2.5. Nitratos.

Compuesto de nitrógeno, su comportamiento es de nutriente para organismos que se desarrollan en condiciones acuáticas. La presencia de nitratos indicará el nivel de oxidación que presenta la muestra (APHA, AWWA y WPCF, 1963).

Normalmente los valores de las concentraciones de los nitratos son menores de 1 mg/l y mas de 5 mg/l será indicador de contaminación (Lee, 1994).

Los nitratos se midieron mediante el equipo de campo "Test Kit" de LaMotte, este equipo mide las concentración de nitratos en ppm mediante análisis colorimétrico de las muestras.

El equipo utilizado para la determinación de nitratos contaba con los siguientes instrumentos: dos reactivos previamente preparados de ácido mezclado y ácido reductor de nitrato; una cucharita de 0.1 g, dos tubos examinadores de ensayo de 2.5 y 5 ml de vidrio, dos tapones plásticos, una botella para la muestra de agua y un comparador colorimétrico Octet de Nitrato de 0.25 a 10 ppm.

El procedimiento para el análisis de cada muestra una vez obtenida la misma fue: se vertió 2.5 ml de muestra de agua a un tubo de ensayo; posteriormente en el mismo tubo, se diluyó la muestra hasta alcanzar los 5 ml con el ácido mezclado, después se tapó la mezcla y esperó dos minutos; luego se destapó y añadió 0.1 g del ácido reductor de nitrato, para posteriormente tapar una vez mas y mezclar a un ritmo continuo y permanente durante 60 segundos, esperando finalmente 10 minutos para la reacción.

Finalmente se insertó el tubo de la mezcla en el comparador Octet para determinar, de acuerdo al color que presentaba, las ppm de nitrato que presentaba la muestra mediante una comparación colorimétrica con los tubos del comparador.

3.9. Análisis de los Resultados.

Se realizaron dos tipos de análisis con los resultados de la caracterización fisico-química y bioquímica, los cuales dependieron principalmente del número de repeticiones, habiendo sido, en algunos casos, el principal factor limitante para la realización de mas repeticiones la disponibilidad de fondos para nuevos análisis.

Los resultados de la mayoría de las variables fueron representadas semanalmente debido a la gran variabilidad de los procesos productivos, en especial para aquellas variables que se calcularon las cargas vertidas y para la determinación de los volúmenes de descarga para cada unidad agropecuaria analizada.

La representación semanal fue realizada en base al volumen de producción durante un día de actividad productiva y los días de generación de desechos líquidos durante una semana en cada unidad analizada. En el cuadro 7 se aprecian los días de generación de desechos en cada unidad agropecuaria analizada.

Cuadro 7. Días de generación de desecho en cada unidad agropecuaria analizada en el estudio.

UNIDAD AGROPECUARIA	DIAS DE GENERACION DE DESECHOS LIQUIDOS
Planta de Industrias Lácteas	7
Planta de Industrias Cárnicas	2
Establo de Ordeño	7
Matadero de Aves	cada seis semanas, tres días
Unidad de Cabras	7
Unidad Vieja de Cerdos	7

3.9.1. Análisis Estadístico.

En el paquete estadístico SAS se analizaron los resultados obtenidos para aquellas variables que se midieron en más de una oportunidad, es decir para aquellas con que se contaban con mayor número de repeticiones. Se realizaron análisis de varianza, para determinar la variabilidad entre cada unidad seleccionada para el muestreo y análisis de separación de medias para proceder a ordenar y clasificar cada sitio respecto a la variable analizadas.

En la descarga del sistema de alcantarillado se analizaron las tendencias en cuanto a la DBO y volúmenes de descarga mediante el cálculo de las estadísticas descriptivas de los datos. Este análisis también permitió la descripción de los picos máximos y mínimos de los valores alcanzados en DBO y volúmenes descargados, enfocando los resultados en alternativas de sistemas de tratamiento.

3.9.2. Análisis Comparativo.

Para aquellas variables determinadas mediante muestreos compuestos, los resultados fueron analizados comparativamente respecto a normas de descarga de desechos líquidos en cuerpos de agua superficiales, tomándose como referencia las normas mexicanas y recomendaciones de algunos estudios de aguas residuales en Honduras propuestos por una empresa consultora de Tegucigalpa (Economía Sociedad y Ambiente-consultores).

Este análisis fue realizado con estas normas debido a que en la actualidad en el país, no hay normas vigentes que regulen de cierta forma las descargas de aguas residuales, por lo que fueron escogidas para efectos de comparación normas propuestas para la descarga de aguas residuales, considerando el contexto del sistema estudiado, a través de la inexistente disponibilidad de dilución de la quebrada receptora y las características climáticas del lugar, que favorecen la actividad biológica (Días, 1993; Thomas et al., 1994).

Respecto a las normas mexicanas utilizadas, éstas son unas de las más puntuales de acuerdo a los tipos de descarga y una de las más desarrolladas a nivel latinoamericano, las mismas que son presentadas en un anexo 5, donde se presenta la normatividad relacionada con los análisis de este estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Procesos Generadores de Desechos Líquidos en el Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.

El conjunto de procesos que intervienen en la generación de desechos líquidos en la actividad agropecuaria de Zamorano y que vierten sus efluentes a un sistema común, están compuestos principalmente por dos plantas procesadoras y cuatro unidades de producción animal. Los desechos líquidos fueron característicos de acuerdo a los procesos productivos de los cuales provienen.

La fuente que abastece agua a Zamorano proviene de cerro Uyuca, durante todo el año. El consumo de agua total del área de Zootecnia fluctúa de 250 a 300 m³ por día.

Los tipos de desechos originados por las agropecuarios fueron gaseosos, sólidos, líquidos o cualquier combinación de estos.

Los desechos gaseosos liberados no fueron mencionados. Los desechos líquidos son colectados al sistema de alcantarillado de Zootecnia y liberados a la quebrada La Chorrera; mientras que los desechos sólidos generalmente son depositados en el basurero, a cielo abierto, ubicado en proximidades de La Chorrera.

4.1.1. Plantas Procesadoras.

Las plantas instaladas en Zamorano para el procesamiento y elaboración de productos derivados de explotaciones pecuarias son dos.

4.1.1.1. Planta de Industrias Lácteas.

- Descripción General.

PRODUCTOS:	Leche con diferentes porcentajes de grasa, helado, yogur, crema, queso, mantequilla y dulce de leche.
PROCESAMIENTO DIARIO:	2100 litros.

CAPACIDAD INSTALADA:	10000 litros de procesamiento/día.
HORAS DE PRODUCCION:	44 horas a la semana.
HORARIO DE EMISION DE DESECHOS LIQUIDOS:	5:30 a.m. - 2:30 p.m.
DIAS DE TRABAJO:	6 días por semana.
NUMERO DE EMPLEADOS:	6 permanantes. 6 - 10 estudiantes.
MATERIA PRIMA:	Leche: 58 % Zamorano, 42 % productores de la zona.

- Características y Descripción del Proceso.

El conjunto de los procesos productivos de la planta se encuentra detallados mediante diagramas de flujos los cuales se encuentran en el anexo 9.

a. Recibo de Leche.

La recepción de leche es efectuada todos los días, realizándose posteriormente el descremado y almacenado. En la área de recepción de leche se realiza el lavado y desinfectado de tambos que son usados para transportar la leche o derivados.

b. Procesamiento.

La leche almacenada es sometida a procesos de pasteurización y homogeneización, de acuerdo al tipo de producto, lo cual esta esquematizado en los diagramas de flujo de actividades del proceso productivo.

El vapor utilizado en la planta como fuente principal de energía calórica, es generado por un caldero a diesel. Algunos equipos, durante el calentamiento del producto, emiten algo de vapor que se disipa en el aire de la planta, y es removido por medio de extractores que se encuentran ubicados en la parte alta de la pared de la planta.

c. Limpieza del Equipo e Instalaciones.

Una vez que se ha dejado de utilizar la maquinaria se procede al lavado con detergente alcalino. El lavado de la planta en general es hecho al finalizar la jornada diaria de trabajo, mientras que el lavado de los cuartos fríos se hace día de por medio.

También se emple un detergente ácido, para prevenir la formación de "piedra de leche" en la superficie interna del edificio.

La desinfección se hace con soluciones cloradas a diferentes concentraciones según el objeto a desinfectar. La frecuencia de desinfección del equipo es todos los días al inicio de las actividades, mientras que la desinfección de los cuartos fríos se realiza una vez por semana.

Dentro del equipo utilizado para la limpieza de la planta se encuentran seis mangueras de alta presión distribuidas por toda la planta, las cuales tienen un caudal promedio de descarga de 0.65 l/s. Generándose efluentes que en muchos casos pueden ser sometidos a un proceso de minimización de desechos reutilizándose en otros procesos (p.e. limpieza de baños y pisos o riego), algunos de los cuales son identificados a continuación.

El conjunto de procesos productivos de la planta, se encuentra especificado en el anexo 9, formado por una serie de procesos descritos en forma de flujo de actividades, los cuales identifican los diferentes tipos de efluentes y los factores que influyen en la calidad de estos.

- Identificación de los Desechos.

1. Desechos Líquidos.

- a) En los procesos de elaboración de quesos, una pequeña cantidad de suero es desechado directamente al sistema de alcantarilla.
- b) El efluente de lavado de los tanques de almacenamiento y tambos de transporte de leche o derivados, incorpora a la descarga residuos leche.
- c) El agua de enfriamiento de los homogeneizadores, las máquinas para hacer helados, la envasadora de leche, las queseras, etc. forman parte del sistema de desagüe de la planta.

- d) La secuencia típica de actividades de higienización de las áreas de producción es la desinfección de todo el equipo con soluciones cloradas al inicio de la jornada, limpieza general con detergente alcalino y ácido al finalizar la jornada; por lo tanto se espera variaciones en términos de acidéz o alcalinidad de la descarga.

2. Desechos Gaseosos.

- a) Existe emisiones de vapor en el ambiente del área de trabajo, generados por los actividades de calentamiento durante el procesamiento o elaboración de productos.

3. Desechos Sólidos.

- a) La producción de desechos sólidos depende del material de empaque de los insumos empleados, barriles y cajas de detergentes, bolsas plásticas y también de material de empaque dañado, los cuales son depositados en el basurero.

- Sistema de Drenaje.

Los efluentes de la planta salen por una red de tuberías con trampas de agua cubiertos por rejillas. El sistema tiene dos ramificaciones que colectan cada salida secundaria de efluentes, para unirse en una caja colectora y formar parte posteriormente del sistema de alcantarillado de Zootecnia.

El sistema de drenaje debido a su distribución y características, permitiría el poner en práctica planes de reutilización de algunos efluentes. Por ejemplo los efluentes producidos durante los procesos de homogeneización de la leche y los procesos de enfriamiento durante la elaboración de helados, los cuales pueden ser separados antes de su unión con el conjunto de los otros efluentes y reutilizarlos en la limpieza de cuartos, bodegas e incluso poder servir para riego. De esta forma se podría maximizar la cantidades de agua consumidas y a reducir de cierta forma las cantidades demandadas de agua.

4.1.1.2. Planta de Industrias Cárnicas.

- Descripción General.

PRODUCTOS:	Carne (diferentes cortes) y embutidos (varios tipos).
PROCESAMIENTO:	419 reses, 846 cerdos, 7 búfalos, 27 cabras y 161 corderos por año.
CAPACIDAD INSTALADA:	35 reses diarias o 75 cerdos diarios.
HORAS DE PRODUCCION:	44 horas a la semana.
HORARIO DE EMISION DE DESECHOS LIQUIDOS:	6:45 a.m. - 3:30 p.m.
DIAS DE TRABAJO:	6 días por semana.
NUMERO DE EMPLEADOS:	9 permanentes. 6 - 10 estudiantes.
MATERIA PRIMA:	Reses, cerdos, cabras, corderos y búfalos.
SECCIONES:	Sacrificio, desposte y elaboración de embutidos.

- Características y Descripción del Proceso.

Las actividades se encuentran ordenadas con base en una secuencia lógica de producción, organizadas en tres tipos de salas, el conjunto de procesos que interviene en la actividad productiva de la planta se encuentra detallada en el anexo 10.

a. Sala de Sacrificio.

De acuerdo a los volúmenes de producción actual, las actividades de sacrificio de animales son organizadas durante la semana, realizándose el sacrificio de cerdos los días miércoles y el de reses los viernes.

Los animales son sacrificados después de 18 a 24 horas de ayuno, de acuerdo con las instrucciones para cada especie.

En esta misma sala se separan y limpian las vísceras, para luego almacenarlas en los cuartos fríos y desechar aquellas que no son utilizables.

b. Sala de Desposte.

Las canales refrigeradas son cortadas manual y mecánicamente, obteniéndose cortes clasificados en mayores y menores.

c. Sala de Embutidos y Productos Pre-elaborados.

La carne puede ser triturada, emulsificada o mezclada conjuntamente con los ingredientes empleados, de acuerdo al tipo de embutido a producirse y empacarse.

El ahumado de algunos productos se realiza en un ahumador a base de leña y la cocción en marmita por inmersión.

Algunos productos por el tipo de procesamiento presentarán variantes, sin llegar a ser estas relevantes en la calidad de sus efluentes.

d. Limpieza del Equipo e Instalaciones.

Las labores de limpieza de la planta se realizan por lo general una vez concluidas las actividades de producción, contándose con seis mangueras de alta presión que presentan un caudal promedio de salida de agua de 0.72 l/s y dos mangueras a baja presión instaladas con caudales promedios de 0.41 l/s de salida. También se cuenta con un sistema de lavamanos, donde algunos de ellos se utilizan muy a menudo, especialmente en las labores de sacrificio y elaboración de embutidos.

Es importante notar que aunque las pistolas reguladoras de la salida de agua de las mangueras de alta presión, en algunos casos se encuentran dañadas o en otros no la tienen, repercutiendo esto en el volumen total de descarga de la planta.

- Identificación de los Desechos.

1. Desechos Líquidos.

- a) En las actividades de sacrificio el principal efluente es sangre, debido a que este subproducto es aprovechado esporádicamente para la elaboración de un tipo de embutido.
- b) Durante el escaldado, la máquina causa un rebalse de agua caliente con cerdas (pelos), que forman un efluente de reboce colectado por el sistema de drenaje.
- c) La selección y limpieza de vísceras, con la tecnología empleada, requiere de volúmenes considerables de agua, lo que originan un efluente de lavado de vísceras, que arrastra materia de origen fecal.
- d) En la sala de desposte el principal efluente es del lavado de las instalaciones, este efluente arrastra consigo pequeños cortes de carne, residuos de cortes mecánicos (aserrín de huesos) y muchas partículas grasas, los cuales resultan ser las típicas suciedades de grasa y proteína de la planta (Torres, 1995)⁹.
- e) En el procesamiento de embutidos, los efluentes de lavado de la maquinaria constituyen el principal efluente de esta sala; además las evacuaciones de la marmita diluyen las cargas producidas en la mencionada sección.
- f) Las actividades de limpieza del equipo e instalaciones, es realizada inmediatamente después de concluir con la actividad productiva en cada uno de las salas de la planta, realizándose un enjuague general, previo al lavado con un detergente alcalino.

⁹ TORRES, F. 1995. El Zamorano, Hond., Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

2. Desechos Gaseosos.

- a) La planta cuenta con una caldera a leña, la cual es empleada principalmente para el calentamiento del agua, produciendo una considerable cantidad de cenizas, las cuales son depositadas en los alrededores de la planta.
- b) En la sala de embutidos hay un ahumador que desprende emisiones de humo en el ambiente local.

3. Desechos Sólidos.

- a) Durante el escaldado (limpieza de pelos del cuero del animal), la máquina acumula grandes cantidades de pelos y al finalizar la matanza, parte de este material es lavado y arrastrado al drenaje y otro es recogido y llevado al basurero.
- b) Las viseras principalmente de los estómagos y en algunos cueros de cerdas, representan cierta porción de volumen de desechos sólidos de sacrificio. Estos desechos, al finalizar la limpieza, son ocupados en composteras o desechados en el basurero.
- c) Los huesos obtenidos durante el proceso de desposte forman otro importante volumen de desechos, algunos son utilizados para suplemento mineral de las dietas de concentrados de animales y la mayor parte de estos son desechados en el basurero.

- Sistema de Drenaje.

La planta cuenta con dos sistemas de drenaje, los cuales separan las descargas originadas en la actividad productiva de las de origen doméstico (aguas negras), posteriormente se unen en una caja trampa y se conectan al sistema de alcantarillado.

La red de drenaje interno, se encuentra provisto por rejillas que limitan el paso de material sólido grande. Se cuenta con dos salidas principales: una que colecta los efluentes de las sala de sacrificio y desposte; y la otra que colecta los efluentes de la sala de embutidos.

Otra salida de un efluente secundario es el de los corrales de espera, el cual transporta heces fecales y orina de los animales a sacrificarse, estos son acomodados en los corrales de espera 24 horas antes de sacrificio y sometidos a períodos de ayuno por lo que las cantidades de desechos sólidos en estos corrales no es significativa. El drenaje de estos corrales, cuenta con una caja trampa la cual, cumple la función de atrapar sólidos previa conexión con la caja que une los efluentes de la actividad productiva y las aguas negras producidas en la planta.

El sistema de drenaje de la planta permite la separación de los principales efluentes de los procesos productivos, facilitando de esta forma posibles implementaciones de tratamientos aislados para cada efluente, como por ejemplo la separación de pelos del efluente de sacrificio o la separación de los efluentes de lavado del equipo de elaboración de embutidos debido a la presencia de detergentes. También un plan de racionamiento de agua durante los procesos serviría mucho para la reducción de los volúmenes de efluentes, aspecto que debería manejarse junto con una utilización más eficiente de otros subproductos, tales como sangre, viseras y huesos los cuales constituyen en muchos casos una fuente protéica de alta calidad para la formulación de dietas para ganado o compost orgánico.

El conjunto de procesos realizados en cada una de las salas de producción de la planta, se encuentra detallado en el anexo 10, descrito como flujo de actividades, destacándose las particularidades de los procesos que influyen en la generación del tipo de efluente producido.

4.1.2. Unidades de Producción Animal.

Las unidades de producción animal que desargan sus efluentes a la quebrada La Chorrera, ya sea a través del sistema de alcantarilla o independientemente son: establo de ordeño, unidad vieja de cerdos, matadero de aves y unidad de cabras. Siendo esta última la que vierte sus desechos líquidos independientemente del conjunto.

4.1.2.1. Establo de Ordeño.

- Descripción General.

PRODUCTO:	Leche fluida.
PRODUCCION:	1220 litros/día.
ANIMALES BAJO PRODUCCION:	98.
CAPACIDAD INSTALADA:	36 cepos y 6 máquinas portátiles de ordeño.
HORAS DE PRODUCCION:	8 horas al día.
HORARIO DE EMISION DE DESECHOS LIQUIDOS:	Dos turnos diarios de ordeño. 5:30 a.m. - 9:30 a.m. 3:00 p.m. - 5:30 p.m.
DIAS DE TRABAJO	7 días.
NUMERO DE EMPLEADOS:	5 permanentes 6 -10 estudiantes.
MATERIA PRIMA:	Vacas en producción (post-parto).

- Características y Descripción del Proceso.

El proceso de ordeño es realizado dos veces al día, una durante la mañana (5:30 a.m.) y otra durante la tarde (3:30 p.m.). Cada turno comprende aproximadamente un período de actividades de dos horas. Por la mañana se alimentan en el establo las hembras que no están en producción (vacas secas, vaquillas, terneras), lo cual ocupa un par de horas.

En el anexo 11 se presenta de forma detallada las actividades realizadas en el establo.

a. Ingreso de animales a producción.

Los animales que se encuentran en la última etapa de gestación, son aislados en potreros de parición. Tres días post-parto, cada animal ingresa al ordeño mecánico; la cría es transportada a una sección especial para el manejo de terneros.

b. Animales en producción.

El grupo de animales en producción es manejado de dos formas: pastoreo y estabulación, dependiendo de la estación del año. La alimentación de cada animal, se encuentra relacionada con su volumen de producción, realizándose suplementaciones con concentrado durante el proceso de ordeño. Los animales en etapa no productiva también son alimentados en la misma sala una vez terminadas las labores de ordeño.

c. Sistema de ordeño instalado.

El sistema de ordeño es mecánico y funciona por succión de vacío. La leche colectada es transportada a un tanque por medio de un sistema de tuberías para ser almacenada y posteriormente enviada por medio de una conexión subterránea a la planta de industrias lácteas, durante el turno de la mañana.

d. Limpieza de las Instalaciones y el Equipo.

Las labores de limpieza de la unidad del establo de ordeño, cuenta con cuatro mangueras de baja presión, las cuales tienen un caudal promedio de salida de 0.49 l/s. También el sistema de tuberías es lavado mediante el bombeo y recirculación de las diluciones de detergentes una vez concluida la actividad del ordeño.

- Identificación de los Desechos.

1. Desechos Líquidos.

- a) El efluente del establo proviene del lavado de las instalaciones, siendo arrastrado en su amplia mayoría excrementos fecales y orines como también restos de concentrado.
- b) En las labores de limpieza durante la mañana se limpian los tanques de almacenamiento de leche, utilizando para el lavado detergente alcalino y para el desinfectado cloro.

- c) El lavado del sistema de tuberías es realizado luego de concluir cada turno de ordeño, siguiendo los mismos procedimientos de lavado y desinfección. Una vez por semana se utilizará detergente ácido, con el fin de evitar la formación de la "piedra de leche" en la superficie interna del equipo.

2. Desechos Sólidos.

- a) El principal subproducto de este tipo de actividad, por el volumen de producción, está representado por las heces fecales, siendo la mayor parte colectadas y transportadas a un área cercana al establo destinada específicamente para este fin.
- b) Los medicamentos utilizados, generan cantidades no alarmantes de desechos, entre estos envolturas que son depositados en el basurero.

- Sistema de Drenaje.

Los efluentes son colectados principalmente por dos canales abiertos ubicados longitudinalmente en la sala de ordeño, estos drenan hasta una caja trampa que retiene la materia sólida, esta caja es limpiada cada 15 días y los desechos sólidos son depositados en el área prevista para su deposición. Posteriormente el efluente se conecta al sistema de alcantarillado.

La cantidad de desechos sólidos que genera este tipo de explotación se encuentra principalmente representada por los volúmenes de heces fecales producidos durante el ordeño, estos aparentemente representan el principal contaminante de los efluentes de la unidad, incorporándose al efluente como sólidos en suspensión o sólidos disueltos.

El manejo de los desechos sólidos hasta el la fecha de realización de este estudio consiste en la acumulación del estiércol en un predio aledaño a la sala de ordeño, estos desechos son utilizados por Agronomía y Horticultura como abonos orgánicos al inicio de la época de lluvias. También se lleva a cabo la construcción de un biodigestor con el fin de dar

un mejor manejo al conjunto de desechos producidos por el establo, y a la vez generar otros subproductos como gas metano y abono.

4.1.2.2. Unidad Vieja de Cerdos.

- Descripción General.

PRODUCTO:	Animales a sacrificio.
PRODUCCION:	20 animales/semana.
PESO A SACRIFICIO:	200 libras/animal.
CAPACIDAD INSTALADA:	24 corrales.
ANIMALES/CORRAL:	10 - 12.
ANIMALES BAJO MANEJO:	120 engorde, 2 maternidad, 15 crías.
HORAS DE PRODUCCION:	8 horas al día.
HORARIO DE EMISION DE DESECHOS LIQUIDOS:	6:45 a.m. - 9:30 a.m.
DIAS DE TRABAJO:	7 días a la semana.
NUMERO DE EMPLEADOS:	1 permanente.
MATERIA PRIMA:	Lechones.

- Características y Descripción del Proceso.

La unidad de cerdos cuenta con dos edificaciones (vieja y nueva), que concentran las secciones de manejo porcino. La unidad vieja, como su nombre lo indica, fue la primera edificación en instalarse, encontrándose la misma conectada al sistema de alcantarillado de Zootecnia. Luego se construyó una extensión de la unidad, con el fin de dar un manejo mas especializado en cada una de las etapas de crecimiento de los animales, estas instalaciones manejan por separado sus descargas de aguas servidas, donde la unidad mas recientemente instalada cuenta con una laguna de deposición de sus aguas servidas, la cual ejerce sobre estos efluentes algún tipo de tratamiento. Estas aguas también son utilizadas para fines de riego de

plantaciones de caña de azúcar, las cuales servirán posteriormente como una fuente de alimento para los animales.

Cada una de las características y actividades del manejo en la unidad se encuentran esquematizado en el anexo 12, estos describen en forma de flujo las actividades de los procesos generadores de efluentes de la unidad.

a. Instalaciones.

El diseño de las instalaciones se encuentra dividido en tres bloques de corrales de diferentes dimensiones, 10 con 10 m² y 14 con 20 m², algunos de estos son empleados con fines de experimentación.

Cada uno de los corrales cuenta con un bebedero automático y comederos con las siguientes variantes: de pileta, automáticos y de canal, este último es empleado para suplementos alimenticios líquidos.

b. Alimentación.

El principal suplemento alimenticio es concentrado, que es fabricado por la planta de Zamorano; sin embargo, se emplean otras variantes en la suplementación de la dieta como el tancaje, suero de queso y jugo de caña.

El sistema de alimentación por canal cuenta con un molino de caña y un tanque de distribución, el cual almacena el jugo que es colectado durante la molienda, este último suplemento será suministrado solo en la época de disponibilidad de la materia prima.

c. Otras características del manejo.

En los corrales destinados para maternidad, se emplea cascarilla de arroz como superficie de cama, para evitar la humedad ocasionada por derrames de agua y desechos de orina. Estos desechos sólidos de cascarilla de arroz producido diariamente, son removidos manualmente y depositados en un predio aledaño a las instalaciones, utilizándose luego como material de cobertura en cultivos de árboles forrajeros.

d. *Limpieza de las Instalaciones.*

Las actividades de limpieza de la unidad representan los principales efluentes emisores de desechos líquidos, esta actividad se realiza con una manguera presenta la capacidad de descarga de 0.28 l/s, siendo esta actividad realizada unicamente con un trabajador y con una duración de menos de tres horas diarias, las cuales se concentran netamente durante la mañana.

- *Identificación de los Desechos.*

1. *Desechos Líquidos.*

- a) Los efluentes son provenientes, casi en su totalidad, del proceso de lavado de corrales; arrastrando principalmente heces fecales y orinas.
- b) Los alimentos derramados de los comederos forman parte importante de las cantidades de sólidos que transporta el efluente de lavado.
- c) Cuando se utiliza el tanque de almacenamiento de suplementación de alimento líquido, se realiza el lavado del mismo una vez a la semana unicamente con agua.

2. *Desechos Sólidos.*

- a) El grupo de desechos sólidos está formado por residuos de tancaje, los cuales serán depositados en el basurero.
- b) La limpieza de los corrales de maternidad genera una cantidad diaria de cascarilla de arroz mezclada con heces, estos desechos son removidos y acumulados en un área aledaña a la unidad.

- Sistema de Drenaje.

El sistema de drenaje de la unidad está compuesto por canales laterales abiertos, que convergen a una caja colectora, que está conectada a otra caja que cumple la función de trampa, reteniendo ciertos volúmenes de sólidos producidos. La limpieza de estas cajas es realizada cada quince días y finalmente se conecta al sistema de alcantarillado.

Indudablemente que luego de la determinación minuciosa de los procesos de manejo y producción, los desechos sólidos representan un buen porcentaje del total de desechos de la unidad, estos a su vez aparentemente afectan las características del efluente, proporcionándole al mismo una característica de contener altas cantidades de sólidos suspendidos y/o disueltos, los mismos que tenderán a afectar las propiedades físicas y biológicas en la biodegradación del efluente. A lo anterior se suma la característica del tipo de excrementos que se producen, siendo estos altamente concentrados y debido a los volúmenes de agua utilizados en la limpieza, no se pueden no se llegan a diluir todos estos, siendo esta otra característica del efluente total de la unidad.

Una alternativa que se trata de poner en marcha en la unidad es la conexión del efluente hacia un biodigestor, el cual por medio de la descomposición de la materia orgánica en forma de gas metano y otros compuestos, se produzca otros subproductos y de esta manera se reduzca la carga que incorpora el efluente en la descarga común del sistema de alcantarillado.

4.1.2.3. Matadero de Aves.

- Descripción General.

PRODUCTO:	Pollos en canal.
VOLUMEN DE PRODUCCION:	1000 aves/día.
CAPACIDAD INSTALADA:	2000 aves/día.
HORAS DE PRODUCCION:	8 horas al día.
HORARIO DE EMISION DE	
DESECHOS LIQUIDOS:	6:45 a.m. - 13:45 p.m.

FRECUENCIA DE ACTIVIDADES

DE PRODUCCION:	Cada 6 semanas (42 días).
DIAS EN PRODUCCION:	3.
NUMERO DE EMPLEADOS:	15 temporales. 6 - 10 estudiantes.
MATERIA PRIMA:	Pollos de engorde.

- Características y Descripción del Proceso.

El matadero de aves funciona como una sección de la unidad de aves de Zamorano. El funcionamiento de sus instalaciones se encuentra sujeto al tamaño y edad de los animales a sacrificio, alcanzado entre las seis o siete semanas de edad. Las actividades de matanza de aves se encuentra detallada en el anexo 13, descrito en forma de flujo de actividades.

a. Sacrificio.

Cada ave es insensibilizada mecánicamente con toques eléctricos para luego degollarse y desangrarse. La siguiente etapa; el escaldado, es realizado en un recipiente que retiene agua previamente calentada, esta actividad facilitar el desplumado a realizarse posteriormente.

b. Selección y limpieza de la canal.

El animal desplumado pasa por una serie de "estaciones" de limpieza de la canal, precedida por la separación de algunas partes y órganos que se constituirán posteriormente en subproductos del proceso.

c. Distribución y almacenamiento.

Una vez limpias y pesadas las canales, son preparadas para su distribución. El producto es empacado y transportado en canal entera a sus principales consumidores: comedor estudiantil y puesto de ventas.

d. Limpieza de las Instalaciones y del Equipo.

Las labores de limpieza se realizan una vez concluidas las actividades de sacrificio y empacado de los productos y subproductos. El matadero de aves cuenta con sistemas de mangueras de presión simple, las cuales presentan un caudal promedio de salida de 0,49 l/s. Los grandes recipientes de agua con que se cuenta en el área de limpieza de canales, genera grandes volúmenes de efluentes que pueden ser reutilizados aparentemente sin ningún inconveniente en los procesos de escaldado, donde el agua residual de los recipientes de limpieza perfectamente puede aprovecharse en los fines que persigue el proceso anteriormente mencionado; caso contrario el uso para riego sería otra alternativa viable con el fin de un plan de minimización de consumo de agua.

- Identificación de los Desechos.

1. Desechos Líquidos.

- a) Los efluentes de lavado de las actividades de limpieza de canales, son los que incorporan la mayor parte de la descarga, virtiendo un flujo permanente a lo largo del proceso.
- b) Luego del degollado, el efluente de sangre cae al canal de drenaje. Finalizada la faena del día, el lavado del área incorpora a la descarga este efluente de lavado.
- c) El desalojo y limpieza del recipiente utilizado para el escaldado, libera un efluente caliente que arrastra principalmente restos de sangre y plumas.
- d) El efluente de lavado de las áreas ocupadas, luego de la actividad genera efluentes que contienen detergentes alcalinos en dilución. En el lavado final del área de desplumado, el efluente arrastra alta cantidad de plumas repartidas en las paredes y el piso.

2. *Desechos Sólidos.*

- a) El desplumado genera grandes cantidades de plumas, representando uno de los desechos sólidos mas importantes del proceso. Finalizada la matanza, las plumas se colectan manualmente, tanto en el área de desplumado como en la salida de la descarga, las mismas que son depositada en el basurero.
- b) Otro importante conjunto de desechos sólidos son representados por las viseras que no son consumibles. Estas son acumuladas y votadas al basurero.

- Sistema de Drenaje.

Un canal abierto es el colector de los efluentes de todas las actividades del proceso. La descarga cae a una caja donde se filtra parte de los sólidos, para caer en otra caja que cumple la función de retener otra cantidad de sólidos, finalmente se conecta al sistema de alcantarillado.

4.1.2.4. Unidad de Cabras.

- Descripción General.

PRODUCTOS:	Leche, animales para la venta y/o sacrificio.
VOLUMEN DE PRODUCCION:	90 - 110 litros/día.
CAPACIDAD DE LA SALA DE ORDEÑO:	12 animales.
ANIMALES EN PRODUCCION:	30 - 40 animales.
HORAS DE PRODUCCION:	8 horas al día.
HORARIO DE EMISION DE DESECHOS LIQUIDOS:	7:00 a.m. - 10:00 a.m.
DIAS DE TRABAJO:	7 días.
NUMERO DE EMPLEADOS:	2 permanentes. 6 - 8 estudiantes.
MATERIA PRIMA:	Cabras bajo producción y crías para engorde.

- Características y Descripción del Proceso.

Las actividades de ordeño y manejo de crías es realizado bajo una misma estructura física y el manejo de los adultos en corrales y potreros cercanos al lugar. El anexo 14 presenta detalladamente el flujo de actividades realizadas en la unidad.

a. Ordeño.

El ordeño es realizado manualmente, la leche es colectada en cubetas para luego filtrarla utilizando un tamiz que elimina las suciedades incorporadas durante el proceso y finalmente es depositada en recipientes. La leche principalmente sirve para la alimentación de las crías hasta los 3 o 4 meses de edad.

La cantidad de animales bajo producción dependerá del estado de preñez en que se encuentren las hembras gestantes, existiendo períodos en que la cantidad de animales bajo ordeño, se reduce considerablemente.

b. Alimentación.

Las crías que se encuentran en lactación son alimentadas manualmente con biberones. Conforme se van acercando al destete, se les provee de alimentación suplementaria a base de concentrado y forrajes de alto contenido proteico (p.e. Madreado).

Los adultos son alimentados con forrajes, por medio del pastoreo y concentrado mediante la alimentación suplementaria en comederos.

c. Limpieza de las Instalaciones.

Las labores de limpieza de la unidad es realizada con una manguera de presión simple que sirve para el lavado tanto de la sala de ordeño como de los corrales de las crías, esta manguera en promedio descarga 0.4 l/s de agua, también es empleada para el lavado diario de la sala de ordeño y dia por medio de los corales de crías.

- Identificación de los Desechos.

1. Desechos Líquidos.

- a) Durante el proceso de ordeño se derrama cierta cantidad de leche, la cual formará parte del efluente de lavado de la sala.
- b) El efluente de lavado de los corales de crías, está constituido por heces, orina y residuos de concentrado. La actividad de lavado realizada presenta dos variantes: superficial, realizado todos los días y completa, realizado una vez por semana.

2. Desechos Sólidos.

- a) Los animales muertos son depositados en el basurero, presentándose con mayor frecuencia en crías de corta edad.

- Sistema de Drenaje.

Los efluentes son colectados de forma superficial y son drenados a un par de salidas ubicadas en la sala de ordeño y de los corrales de crías, los mismos son conectados directamente con la quebrada La Chorrera a pocos metros de la salida del sistema de alcantarilla de Zootecnia.

4.2. Volúmenes de Descarga.

Los volúmenes de descarga encontrados son descritos de acuerdo a las unidades productivas y posteriormente a nivel de la salida común de estos efluentes.

4.2.1. Plantas Procesadoras y Unidades de Producción Animal.

Los volúmenes de descarga de los efluentes de cada una de las unidades estudiadas, esta relacionado con los volúmenes de consumo de agua. Los consumos de agua en el área de Zootecnia fluctúan entre 121.7 y 220.8 m³ (cuadro 8).

El agua consumida durante cuatro meses, el 57 % en promedio es consumido, entre las 7:00 a.m. y 3:00 p.m., el 42 % durante el resto del día, siendo los contribuyentes principales, las operaciones de lavado del establo de ordeño y consumo de agua por los animales. El consumo de agua durante el horario de producción (5:30 a.m. - 4:00 p.m.), es importante por los volúmenes de agua que se requiere, sin embargo, también está el consumo de agua, por las oficinas y aulas en Zootecnia.

Cuadro 8. Consumo de agua del conjunto de actividades realizadas en el área de Zootecnia.

DIA MUESTREADO	CONSUMO (m ³)		% C.D.*
	DIURNO**	TOTAL	
8 / X / 1994	81.78	147.8	55
21 / X / 1994	82.48	158.5	58
26 / X / 1994	115.18	181.2	64
4 / XI / 1994	115.18	181.2	64
18 / XI / 1994	75.58	141.6	53
19 / XI / 1994	55.68	121.7	46
26 / XI / 1994	67.08	133.1	50
1 / XII / 1994	67.08	133.1	50
28 / XII / 1994	81.18	147.2	55
29 / XII / 1994	72.68	138.7	52
3 / I / 1995	143.48	209.5	68
16 / I / 1995	115.18	181.2	64
17 / I / 1995	154.78	220.8	70
18 / I / 1995	78.28	144.4	54
25 / I / 1995	109.48	175.5	62

* % C.D. = Porcentaje de consumo diurno.

** Consumo de 7:00 a.m. a 3:00 p.m.

Fuente: (Superintendencia de Campo, 1995)¹⁰.

¹⁰ Superintendencia de Campo, Zamorano, Honduras, 1995.

El cuadro 9 muestra los diferentes volúmenes de descarga de desechos líquidos, calculados de acuerdo al número de jornadas laborales a la semana.

Cuadro 9. Descarga semanal de desechos líquidos en las unidades agropecuarias de Zamorano.

UNIDAD	VOLUMEN DE DESCARGA SEMANAL (m³)
Establo de Ordeño	42.96
Unidad de Cerdos	15.43
Unidad de Cabras	17.49
Matadero de Aves	5.6
Planta de Industrias Lácteas	178.46
Planta de Industrias Cárnicas	24.35

La figura 5 muestra los volúmenes de descarga presentados en el cuadro 8, determinándose una clara diferencia entre los volúmenes de descarga de la planta de lácteos con el resto de las unidades analizadas. La planta alcanza volúmenes de descarga de 178.5 m³ por semana, comparado con los volúmenes producidos por el establo de 43 m³ y la planta de cárnicos 24.35 m³.

Uno de los factores que determina el volumen de descarga de desechos líquidos de la planta de lácteos, se debe principalmente a que la planta utiliza agua en sus procesos de enfriamiento, otros factores que influyen es a cause de la generación de desechos provenientes de la limpieza y así como algunos residuos líquidos de los procesos de producción.

El establo de ordeño, la unidad de cerdos y la de cabras, producen 2.6 veces menos que los producidos por la planta de lácteos.

Las actividades de limpieza de las instalaciones de las unidades de producción animal fueron identificadas como las principales generadoras de desechos líquidos (anexos 11,12,13 y 14). El conjunto de actividades de limpieza se encuentra relacionado a su vez, con el número de animales bajo manejo en cada unidad, siendo esta una característica que también influye en los períodos de emisión de efluentes de lavado.

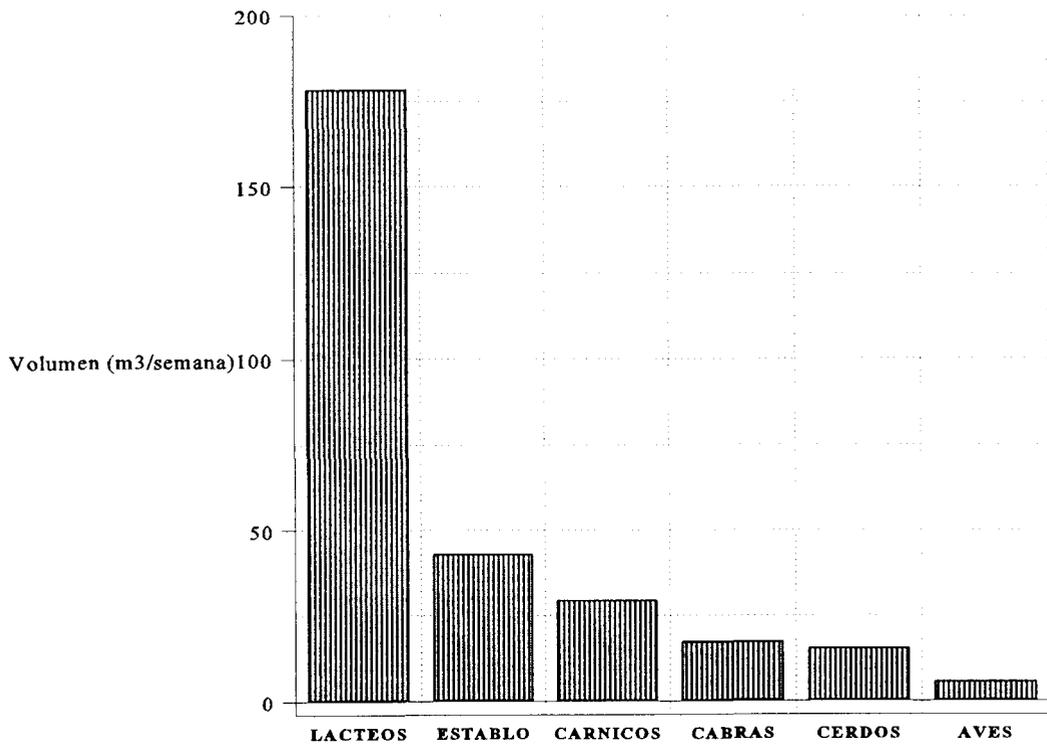


Figura 5. Volúmenes de descarga semanal en cada planta y unidad agropecuaria analizada.

La planta de lácteos representa el 63 % del volumen total de descarga, el establo de ordeño el 15 % y los restantes aportan volúmenes menores del 10 %.

El matadero de aves descarga 5.6 m^3 por semana, siendo este el 2 % del volumen total, debido a la frecuencia de sus actividades de sacrificio (cada 6 semanas).

En la figura 6 pueden apreciarse la proporción del total de las descargas para cada unidad.

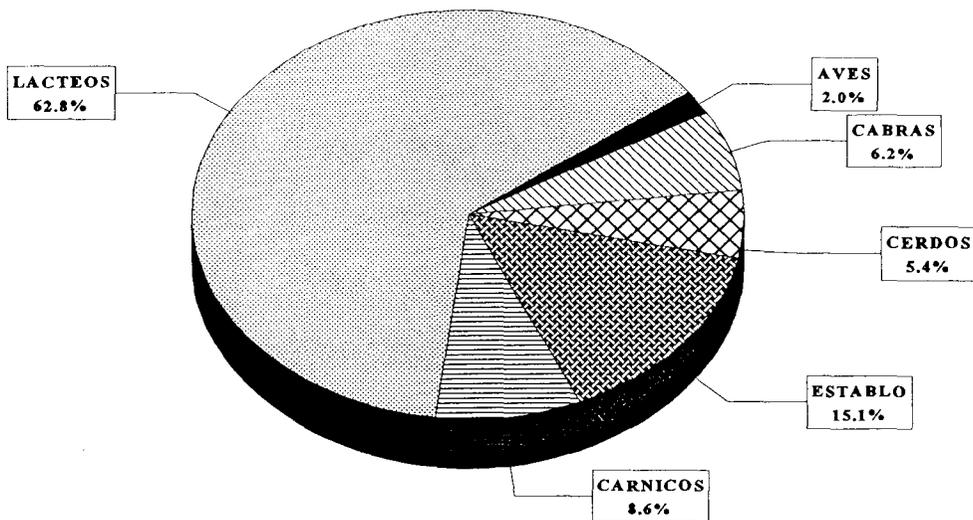


Figura 6. Proporción de los volúmenes de descarga semanal.

El volumen de descarga de la planta de cárnicos no se pudo medir directamente debido a impedimentos de estructura. Debido a lo anterior los volúmenes de decargas, se calcularon de acuerdo a parámetros característicos al tipo de aguas de desecho, tomando como referencia principal datos característicos de aguas de desecho de actividades de la misma categoría agroindustrial pecuaria. Se determinó que bajo el volumen de producción actual la planta de industrias cárnicas de Zamorano, aparentemente puede alcanzar 24.4 m³ de descarga a la semana.

Es también adecuado analizar los volúmenes de descarga con base en un día "crítico", el mismo que se encuentre caracterizado con base en la acumulación de actividades diversas durante una misma jornada de trabajo; frecuentemente una situación como la descrita no se presenta normalmente y su ocurrencia se encontrará sujeta a la simultaneidad en la realización de actividades productivas en cada una de las unidades productoras del área de estudio. Sería de esperarse que tentativamente se podrían presentar situaciones críticas cada seis semanas, debido a la incorporación del efluente del matadero de aves al volumen total de desechos, coincidiendo con la faena de cerdos o reses y la secuencia típica de producción en cada una de las demás unidades componentes del conjunto de lugares estudiados (figura 7).

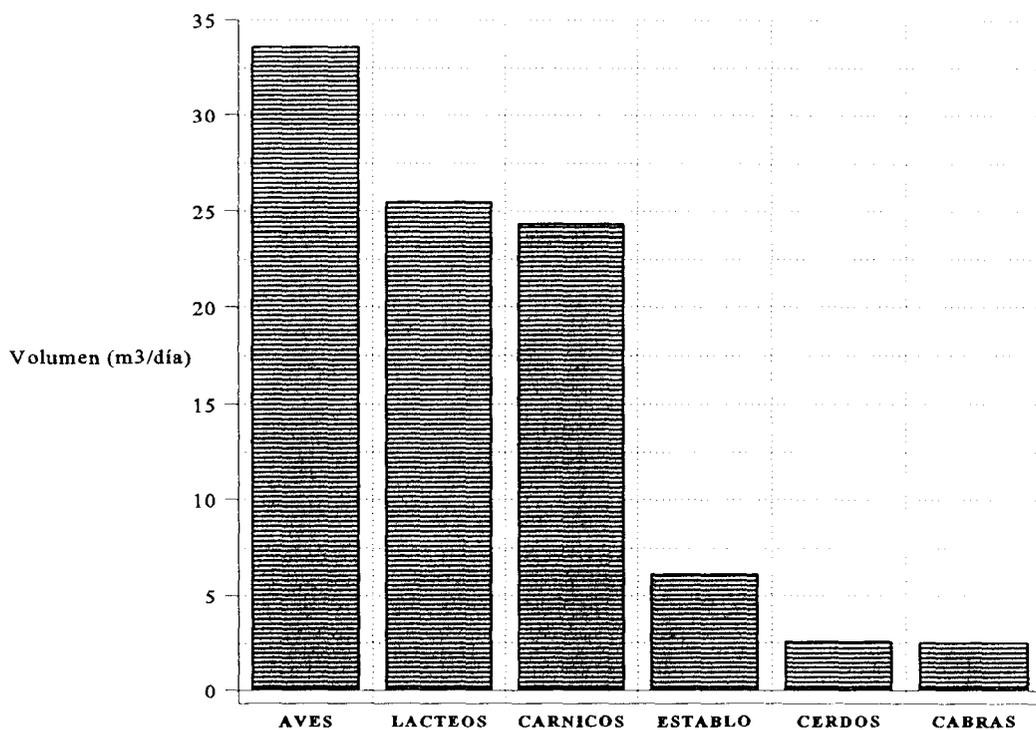


Figura 7. Volúmenes de descarga de desechos líquidos durante una jornada de producción agropecuaria.

El gráfico muestra claramente la diferencia de los volúmenes producidos de cada efluente, donde el matadero de aves produce un volumen de aguas residuales de 33.61 m³, comparada con la producción de la planta de lácteos y cárnicos, las cuales alcanzan volúmenes relativamente similares de 25 m³ cada una. Es notoria la diferencia que se presenta en cuanto a los volúmenes de descarga de las plantas de lácteos, cárnicos y el matadero de aves, comparada con los volúmenes producidos por las unidades de producción animal, presentando estas últimas la característica de ser aparentemente constantes con los niveles de descarga.

Entre la repercusión de estos días "críticos" en cuanto a los volúmenes y posibles cargas contaminantes, están los cambios bruscos en cuanto a los volúmenes vertidos, lo cual amerita la consideración de un sistema equilibrador de estas descargas, el cual podrá consistir en una etapa previa de retención de los volúmenes y homogeneización de las cargas contaminantes, efecto que regularía el funcionamiento y proporcionaría un sistema de tratamiento primario previo a la etapa de biodegradación.

4.2.2. Salida Común del Sistema de Alcantarilla de Zootecnia.

El cuadro 10 muestra los volúmenes totales de descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia durante una jornada completa de producción.

La balanza de agua presentada en el área de estudio muestra una diferencia entre consumo y descarga de 24.28 m³, considerando tanto los volúmenes promedios de demanda de agua (94.35 m³) como la descarga de desechos líquidos (69.47 m³) producida por la descarga del sistema de alcantarillado durante la realización del estudio.

La distribución del conjunto de valores de descarga obtenidos, presenta un coeficiente promedio de variación de 64 %, lo cual indica que los datos variarán en un 64 % dependiendo del volumen de descarga medio calculado.

El volumen promedio de descarga máxima alcanzado durante la determinación del caudal fue de 234.6 l/min, valor que debe considerarse en el diseño de algún sistema de tratamiento a implementarse.

Cuadro 10. Volúmenes de descarga total durante 12 horas de muestreo en cada observación.

OBSERVACION	VOLUMEN DE DESCARGA TOTAL (m³)
I	70.16
II	79.13
III	76.34
IV	90.90

La tendencia promedio de los volúmenes de descarga, se encuentra graficada en la figura 8, la cual muestra una alta variación en los volúmenes de descarga de un período de producción de desechos, presentándose dos picos: el primero aproximadamente entre 9:00 a 9:30 a.m. y el segundo a las 12:00 del medio día.

El primer pico se podría deber al período de mayor concentración de los procesos en las plantas de procesamiento y unidades de manejo animal, las cuales aportan al volumen total la mayor parte de la descarga. El segundo pico determinado es cuando se lleva a cabo las actividades de limpieza de las instalaciones.

La tendencia del volumen de descarga es a decrecer durante las horas de la tarde; observándose posteriormente un incremento moderado que se debe a las actividades de la segunda jornada de ordeño de ganado lechero.

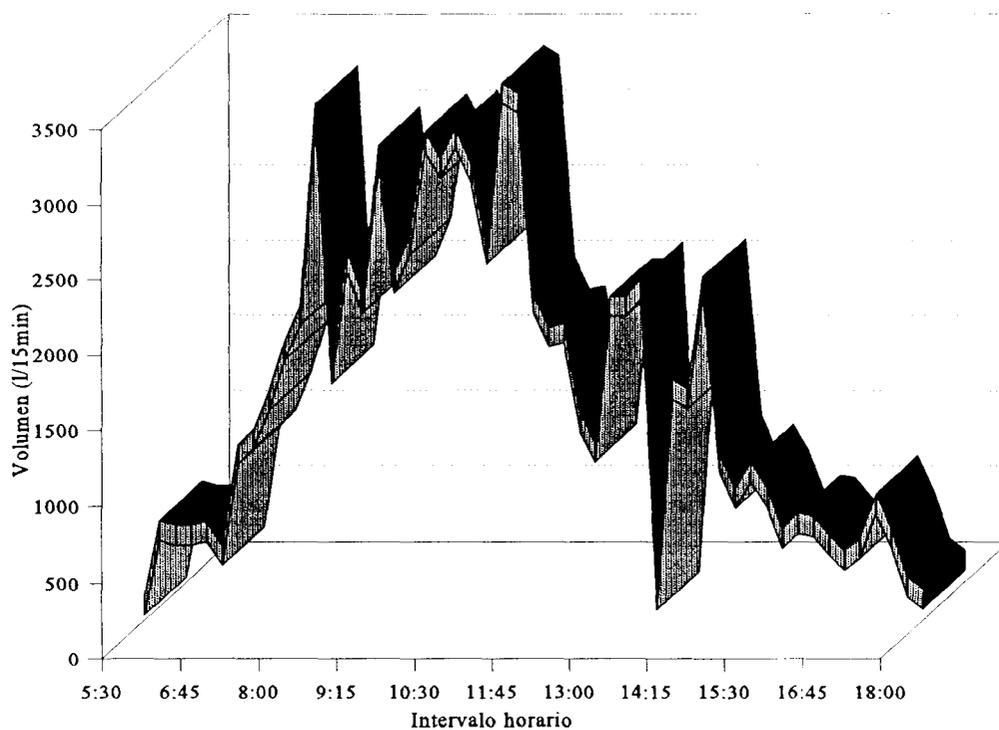


Figura 8. Tendencia de los volúmenes de descarga en la salida del sistema de alcantarilla de Zootecnia.

4.3. Caracterización de las Variables Físico-Químicas de las Descargas.

La caracterización de desechos líquidos producidos en la actividad agropecuaria de Zamorano, enfoca el conjunto de procesos productivos realizados en cada una de las unidades de manejo animal y del procesamiento de algunos subproductos. En dichos centros de producción ubicados dentro del área delimitada para el estudio, la evaluación de los efluentes a través de las variables escogidas como indicadores de calidad, identifican los puntos sensibles a la realización de mejores controles y manejos que minimicen impactos al medio ambiente, determinando la naturaleza de los principales contribuidores y el contexto del sistema colector de aguas residuales.

4.3.1. Variables Físico-Químicas de los Efluentes de las Plantas Procesadoras y Unidades de Producción Animal.

Los resultados de las propiedades acido-alcálicas (pH), de turbidez, cantidad de sólidos suspendidos y de la temperatura. Los valores resultantes de estas variables se encuentran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Caracterización de las variables físico-químicas en cada una de las unidades agropecuarias.

UNIDAD	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Sólidos Suspendidos	
				Concentración (mg/l)	Carga (kg/semana)
Establo de Ordeño	22.5	8.1	500 - 1000	3920	168.41
Unidad de Cerdos	22.4	7.1	1000 - 2000	6020	92.91
Unidad de Cabras	22.4	6.9	300 - 500	227	3.97
Matadero de Aves	22.0	6.2	75 - 100	120	0.67
Planta de Industrias Lácteas	24.2	7.8	40 - 50	373	66.57
Planta de Industrias Cárnicas	22.0	6.6	100 - 200	140	3.41

4.3.1.1. Análisis Estadístico de las Variables Físico-Químicas.

Para determinar la significancia de las variables se realizó la prueba "F", utilizándose una tabla de valores de F para los grados de libertad de 5 y una probabilidad de un 99 %. El valor F presentado por la tabla fue de 3.17 y se consideraron significativas todas las variables que presentaran un valor de F mayor que el indicado por la tabla (Ebdon, 1985).

En el cuadro 12 se presentan los valores de "F" obtenidas del análisis estadístico realizado para pH, turbidez y temperatura.

Cuadro 12. Análisis de varianza físico-químico de las descargas, considerando como fuente de variación las unidades agropecuarias.

Variable Dependiente	F _o . *	C.V. **	D.E. ***	Media	Pr.	Significancia Ft a 99%
pH	4.74	20.4	1.44	7.07	0.0007	si
Turbidez	21.41	27.4	2.28	8.3	0.0001	si
Temperatura	89.5	89.49	9.93	22.58	0.1493	no

Grados de Libertad = 5

Ft = 3.17

Obs./variable = 96

* F_o. = F observado.

** C.V. = Coeficiente de Variación.

*** D.E. = Desviación Estandar.

4.3.1.1.1. pH.

Para esta variable se esperaba encontrar características homogéneas en el efluente de cada sitio; sin embargo se encontró una variación altamente significativa en las propiedades de acidéz y alcalinidad de las descargas con una probabilidad de 0.01 (cuadro 12).

La característica variable que presentaron los datos obtenidos se muestra a través del coeficiente de variación (C.V.) de 20 %, que indica que el valor verdadero del pH promedio que se espera encontrar está entre 5.65 y 8.48 unidades de acidéz y alcalinidad.

La prueba de separación de medias agrupa los valores medios, los ordena y los compara entre cada unidad (cuadro 13).

Cuadro 13. Ordenamiento de las unidades y plantas de producción pecuaria con base en la prueba SNK de separación de medias.

UNIDAD	pH*
Establo de Ordeño	8.061
Planta de Industrias Lácteas	7.840
Unidad de Cabras	6.951
Unidad de Cerdos	6.559
Planta de Industrias Cárnicas	6.558
Matadero de Aves	6.224

(Alpha = 0.01).

* Valores promedios.

En la figura 7 se puede observar la clasificación de las unidades con base en el análisis de separación de medias, el cual representa proporcionalmente las diferencias encontradas entre cada unidad.

De esta clasificación el establo obtuvo el valor medio de pH mas alcalino (8.1), encontrándose diferencia significativa con el matadero de aves el cual mostró el pH mas ácido (6.2), los valores de las otras unidades se encuentran dentro de este rango.

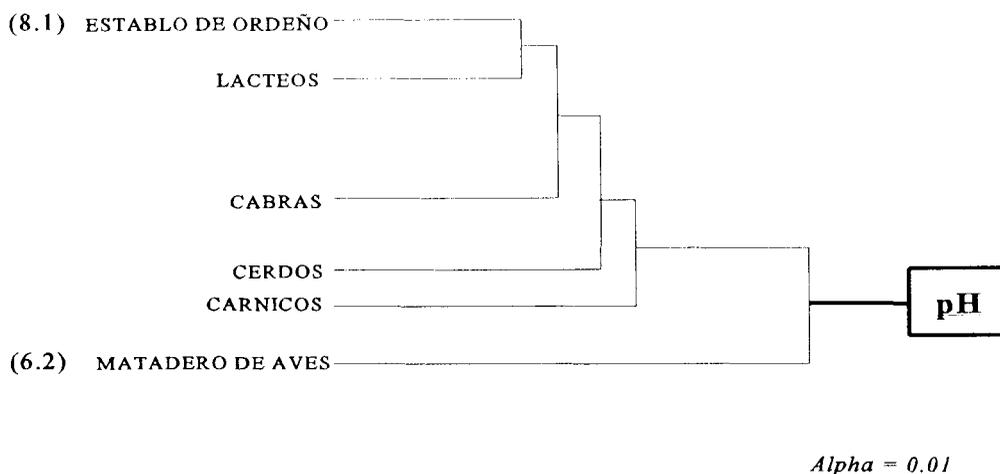


Figura 9. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a las características de pH, basado en la prueba SNK de separación de medias.

El volumen promedio de descarga máxima alcanzado durante la determinación del caudal fue de 234.6 l/min, valor que debe considerarse en el diseño de algún sistema de tratamiento a implementarse.

Según (APHA; AWWA y WPCF, 1963). sostienen que el pH "...tiene poca relación con la concentración de las aguas negras, pero puede ser de importancia considerable en estudios sobre desechos industriales, ya que es una determinación importante en sistemas de tratamiento de aguas residuales..".

Las actividades de limpieza del equipo e instalaciones, incorporarán a los efluentes cantidades de detergentes a distintas concentraciones de dilución, lo que altera en determinadas horas (inicio y finalización de procesos). las propiedades alcalinas del efluente.

Las características de las aguas residuales se encuentran determinadas por el tipo de desecho presente en cada efluente. La materia orgánica debido a la capacidad de oxidación podrá acidificar los efluentes de descarga.

Uno de los principales componentes de los efluentes de la planta de cárnicos y el matadero de aves, es sangre, esta tiene una capacidad de oxidación bastante marcada si se encuentra en medios oxigenados. Estas reacciones otorgan a los efluentes características de acidéz.

El caso contrario a lo descrito anteriormente, se presenta en el establo de ordeño y la planta de industrias lácteas, donde la utilización de detergentes, en las labores de limpieza incrementa las características alcalinas de sus efluentes.

El rango de valores promedios encontrados en todas las unidades se encuentra entre 6 a 8 en valores de pH, encontrándose dentro de las normas recomendadas para el vertimiento de desechos líquidos. En consecuencia, no existe por el momento la necesidad de realizar ningún tratamiento químico para a las descargas para el control del pH.

4.3.1.1.2. Turbidéz.

Se esperaba encontrar características homogéneas en la turbidéz del efluente en cada unidad, sin embargo se observaron diferencias significativas de acuerdo al análisis estadístico, con una probabilidad de 0.01 (cuadro 12).

El C.V. obtenido del análisis fue de 27 %, el cual indica que el rango de valores de unidades de turbidéz (NTU) promedio de las unidades, se espera encontrar entre 75 y 1000 NTU.

La prueba de separación de medias a través del agrupamiento, ordenamiento y comparación entre cada unidad, clasifica los datos en una escala en términos de la variable en cuestión (cuadro 14).

Cuadro 14. Ordenamiento de las unidades y plantas de producción pecuaria con base en la prueba SNK de separación de medias.

UNIDAD	Turbidez* NTU
Planta de Industrias Lácteas	40 - 50
Matadero de Aves	75 - 100
Planta de Industrias Cárnicas	100 - 200
Unidad de Cabras	300 - 500
Establo de Ordeño	500 - 1000
Unidad de Cerdos	1000 - 2000

(Alpha = 0.01).

* Valores promedios.

En la figura 10 se representa el ordenamiento y agrupación de las unidades de acuerdo a la prueba SNK de separación de medias, el cual representa la diferencia proporcional existente entre los valores obtenidos.

La presencia de partículas en suspensión podrá causar alteraciones en las propiedades de turbiedad variando esta de acuerdo al tipo de efluente producido. La turbiedad se encuentra directamente relacionada con la cantidad de sólidos suspendidos, expresada a través de la cantidad de materia orgánica que forma parte de los desechos líquidos, también con las características de color, sólidos disueltos y tamaño de partículas principalmente (Chapman, 1992).

Cada unidad de producción y planta procesadora produce efluentes que tienen diferentes características en cuanto a las concentraciones de partículas en suspensión, estas dependen de los procesos que incorporan diferentes cantidades de sólidos, ya sean estos suspendidos o disueltos.

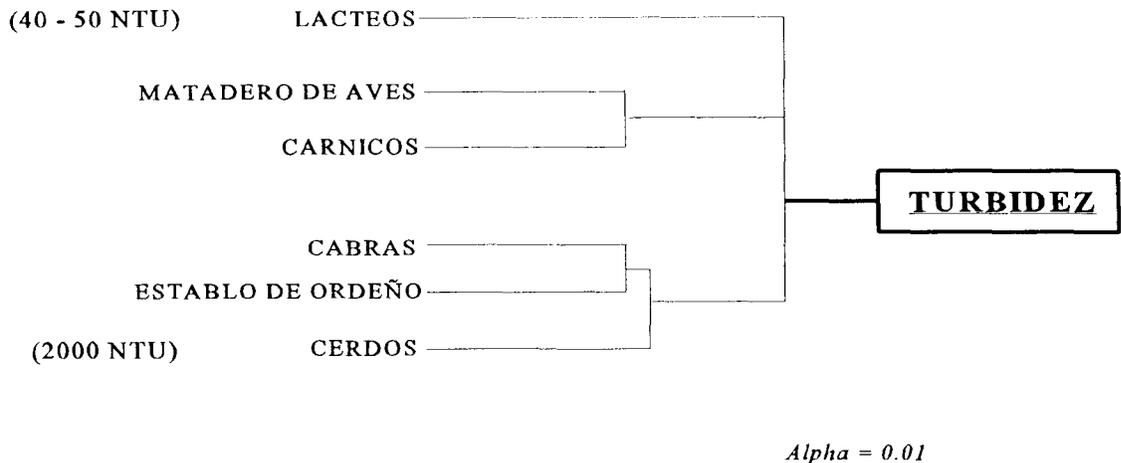


Figura 10. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a las características de turbidez basado en la prueba SNK de separación de medias.

De acuerdo a los efluentes de desecho generados por la diversas actividades de cada unidad, estas pueden ser agrupadas en:

- unidades de producción animal (establo, cerdos y cabras), que producen efluentes de lavado con altas cantidades de materia orgánica, siendo en algunos casos, incorporados como efluentes muy concentrados con bajos factores de dilución y consecuentemente altos valores de turbidez.

- plantas procesadoras (lácteos y cárnicos) y mataderos (cárnicos y aves), liberan desechos que generalmente se encuentran en bastante dilución fluctuando sus características de turbidez entre un rango más amplio.

Los resultados de los análisis muestran que el efluente de la planta de industrias lácteas es diferente a los demás en cuanto a las unidades de turbidez encontradas en su descarga

(entre 40 y 50 NTU), presentando la menor cantidad de partículas en suspensión y consecuentemente valores más bajos de turbidez.

Los efluentes de cerdos, establo y cabras, representan un grupo con características similares en el efluente producido. La unidad de cerdos presenta el valor de turbidez más alto (2000 NTU), caracterizado por arrastrar grandes cantidades de partículas en suspensión y disueltas, las cuales son originadas en su totalidad del efluente de lavado de corrales (residuos de alimentos, heces y orina), La característica de los otros dos efluentes es se encuentra directamente relacionada con la cantidad de animales bajo manejo y el tiempo y volúmenes empleados para las labores de limpieza de sus instalaciones.

En relación con los efluentes de la planta de industrias cárnicas y el matadero de aves no existen diferencias significativas debido a la semejanza de sus procesos, los efluentes de aguas de desecho, se encuentran en situaciones parecidas en cuanto a las características de turbiedad de sus descargas.

4.3.1.1.3. Temperatura.

Para esta variable se esperaba encontrar características homogéneas para todos los efluentes medidos, verificándose tal hipótesis con base en el análisis estadístico aplicado bajo las mismas condiciones que los descritos anteriormente.

De acuerdo a los valores obtenidos para esta variable, el rango en que fluctúa la temperatura de las descargas es de 22 °C a 22.5 °C, presentándose el único caso con una temperatura de 24.2 °C para el efluente de la planta de industrias lácteas, esto aparentemente se debe a los procesos de producción a altas temperaturas identificados en el anexo 9.

El análisis estadístico de los datos obtenidos, muestra que no existen diferencias significativas entre las temperaturas de los efluentes de las unidades y plantas de producción; presentando una característica homogénea con un nivel de significancia de 0.01 (cuadro 12).

Con base en la identificación de los procesos de producción descritos en la primera sección de este capítulo y la serie de descripciones del anexo 9, es evidente que el conjunto de procesos productivos de la planta, no funciona a un nivel que afecte considerablemente la

temperatura de las aguas de desecho; en consecuencia ninguno de los otros efluentes podría afectar dicha característica, ya que sus valores promedios son inferiores al máximo valor encontrado.

Otro aspecto relacionado que explica este resultado es la conexión de las unidades componentes de la actividad agropecuaria a una misma fuente de agua y un mismo sistema de abastecimiento de agua potable. La fuente presenta condiciones constantes de temperatura sin que llegue a afectar el sistema de abastecimiento instalado.

En base en la identificación de los procesos en la primera parte de este capítulo, las actividades de limpieza son las principales generadoras de desechos líquidos y no se cuenta con procesos que liberen grandes cantidades de agua a alta o baja temperatura. La temperatura de las descargas se encuentra regulada principalmente por el agua empleada para labores de limpieza. Existen excepciones en cuanto a procesos que demanden influencia térmica, tal es el caso de la planta de lácteos y en menor instancia la planta de cárnicos y el matadero de aves.

En las plantas de procesamiento se cuenta con calderos que por medio de vapor incrementan la temperatura del agua para ser utilizada posteriormente en actividades que requieran temperaturas elevadas. En el matadero de aves se requiere agua caliente para la etapa de escaldado (anexo 13), ocupando volúmenes de agua caliente que no son considerables en relación a los volúmenes de sus descarga.

Los valores alcanzados de la variable temperatura en los sitios muestreados, se encuentran significativamente por debajo de las recomendaciones de descarga de efluentes (43 °C), encontrándose dentro del límite favorable para los procesos de biodegradación de las descargas vertidas.

4.3.1.2. Sólidos Suspendidos.

La determinación de los sólidos suspendidos (SS) en cada efluente fue realizada con base en diferentes características de muestreo realizadas en las variables descritas anteriormente. Esta variable representa el valor promedio proporcional de sólidos

suspendidos producidos por unidad; es decir, que los valores son representativos de la concentración y carga vertida durante una jornada de producción.

Las cantidades de sólidos suspendidos en los efluentes estudiados, se encuentran elevadas, en algunos casos, encontrándose cantidades diarias considerables que deben tomarse en cuenta al momento de cualquier diseño de un sistema de tratamiento primario tentativo.

Las cantidades de sólidos suspendidos del establo de ordeño y unidades de cerdos y cabras, son originadas en las actividades de limpieza de comederos y corrales, que generalmente incorporan al efluente residuos de concentrado y excretas; por lo que las cantidades de sólidos en suspensión son principalmente de origen orgánico.

El valor de 2000 NTU alcanzado en los valores de turbidez de la unidad de cerdos muestra una relación proporcional con la cantidad de sólidos suspendidos, que alcanzan la concentración más alta en comparación con todas las unidades muestreadas (6020 mg/l), según las normas empleadas como puntos de comparación del anexo 5, esta concentración se encuentra muy arriba de las normas permitidas para la descarga de desechos líquidos en cuerpos de agua superficiales (100 mg/l).

El establo de ordeño vierte un efluente con una concentración de sólidos suspendidos de (3920 mg/l), siendo esta concentración bastante alta comparada con las normas de descarga de 100 mg/l sugeridas por ESA-consultores (1994), y las normas mexicanas (Gaceta Ecológica, 1989). Mientras que la planta de industrias lácteas alcanza los 373 mg/l, encontrándose 3 veces superior a las recomendaciones para la descarga.

La planta de industrias cárnicas y el matadero de aves no llevan concentraciones exageradas de sólidos suspendidos (figura 11), encontrándose sus efluentes muy próximos a las normas recomendadas para la descarga de residuos a cuerpos de agua superficiales. Es importante notar que si los volúmenes de producción se incrementaran hasta alcanzar la capacidad instalada por ejemplo en la planta de industrias cárnicas (75 cerdos semanales), las cargas semanales se podrán incrementar en casi 3.8 veces mas que los volúmenes actuales, siempre y cuando se tenga el mismo sistema de matanza.

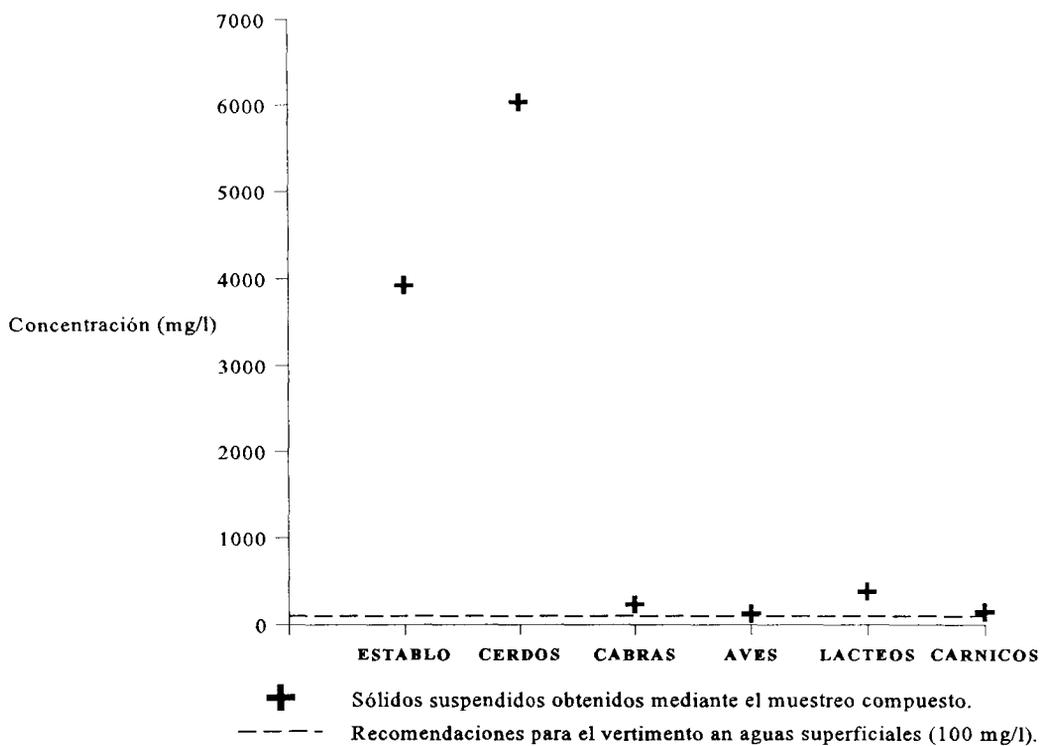
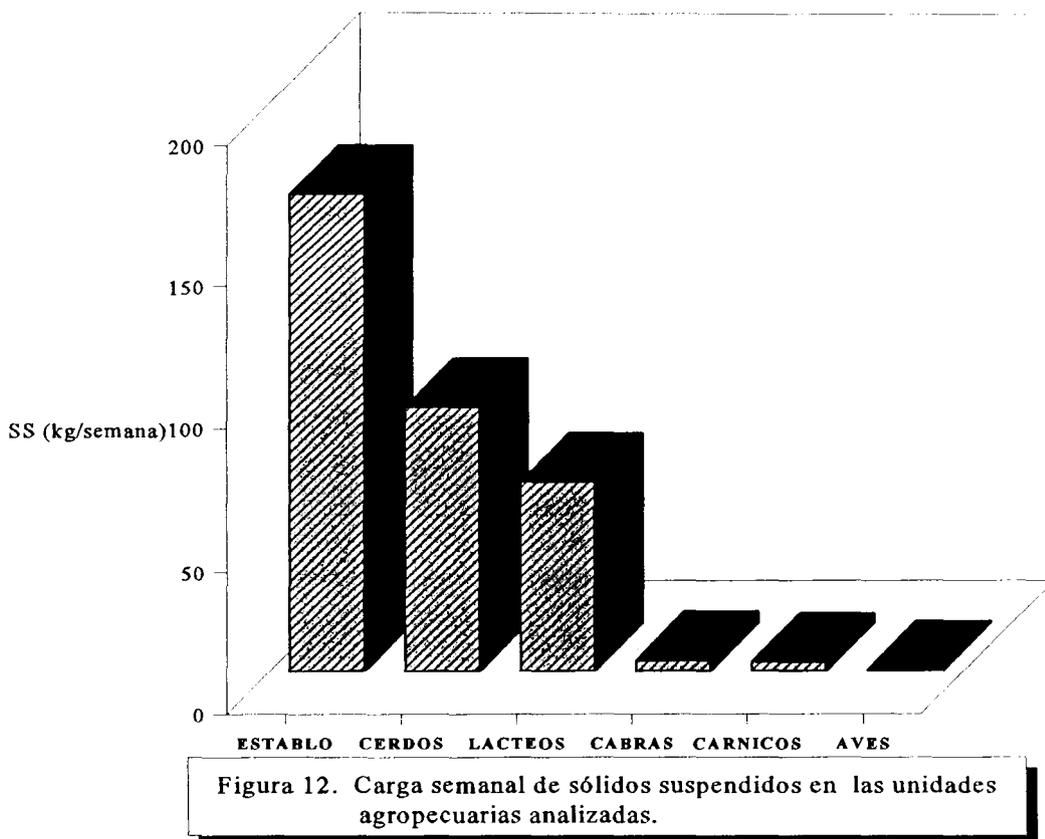


Figura 11. Concentración de sólidos suspendidos en las unidades agropecuarias analizadas.

En cuanto a las cargas producidas en cada unidad (figura 12), el establo de ordeño produce aproximadamente una carga semanal de 168.41 kg, siendo este volúmen el más alto en términos de sólidos suspendidos debido a la alta cantidad de concentrado y heces fecales que son lavados, durante el proceso de limpieza de sus instalaciones. La unidad de cerdos y la planta de lácteos producen cargas semanales de sólidos suspendidos de 93 y 66 kg/semana respectivamente, esta diferencia aparentemente se debe a los volúmenes de descarga de sus efluentes, reflejado a través del período concentrado en que se desarrollan las actividades de limpieza.

En la unidad de cerdos estas actividades tienen una duración aproximada de tres horas y en la planta de lácteos el período de generación de desechos se extiende a 8 horas, en el anexo 9 se identifican los principales efluentes que forman parte de la descarga de la planta.



La unidad de cabras y planta de industrias cárnicas no presentan diferencias marcadas entre las cargas liberadas, alcanzando cada una aproximadamente 3 kg/semana. El matadero de aves es la menor carga vertida comparada con las otras unidades, esto debido a que sus principales desechos sólidos no son fácilmente diluibles (plumas) y son colectadas y removidas del efluente, antes de su conexión con el sistema de alcantarilla.

4.3.2. Variables Físico-Químicas de la Salida Común del Sistema de Alcantarilla.

Los datos obtenidos de las variables físicas del sistema de alcantarilla, fueron analizados en base a sus valores máximos, mínimos y promedios debido a que esta descarga tiene un contexto diferente a las descargas analizadas anteriormente. Este sistema es el principal colector del conjunto de efluentes producidos por la actividad agropecuaria del área de estudio y vierte su descarga directamente a la quebrada La Chorrera.

Los datos obtenidos de las variables físico-químicas para esta descarga son los presentadas en el cuadro 15.

Cuadro 15. Caracterización de las variables físico-químicas de la descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.

Variable	Unidad	Medias	Máximo	Mínimo
Temperatura	°C	23.9	26.5	20
pH		7.32	10.07	6.3
Turbidez	NTU	300 - 500	1000 - 2000	10 - 30
SS	mg/l	590	n.d.	n.d.
SS	kg/semana	324.43	n.d.	n.d.

n.d. = no determinado.

El conjunto de datos puntuales muestra el rango en el que se presentaron las variables analizadas, los cuales cambian muy frecuentemente. Esta característica se debe a la serie de procesos que intervienen en el área, los cuales producen distintos tipos de efluentes conectados al sistema de alcantarilla; en los anexos descriptivos de los procesos mencionados puede verificarse la diversidad de tipos de efluentes producidos en el área que cubre el sistema colector de desechos líquidos.

La temperatura de descarga promedio alcanzada es de 23.9 °C, siendo esta aceptable de acuerdo con las normas propuestas para descargas de aguas residuales en cuerpos de agua

superficiales (anexo 5), las mismas que recomiendan como norma una temperatura no mayor a 43 °C, debido a que temperaturas superiores incrementan los niveles de riesgo en la actividad biológica de los cuerpos receptores.

Las propiedades acido-alcálicas de la descarga, también son directamente influidas por la unión de diversos tipos de efluentes. Durante toda la producción de desechos existen períodos marcados de cambios de pH en la descarga, que causan cambios repentinos en la acidez. El pH alcalino máximo encontrado en la descarga fue de 10.07, que es producido principalmente por efluentes de limpieza con desinfectantes, en aquellas unidades de producción que utilizan este tipo de limpieza entre sus actividades de aseo.

En términos de pH la descarga se encuentra fuera de los límites (6.3 - 10) recomendados para el vertimiento de desechos líquidos a corrientes de agua superficiales, la que propone un rango de pH entre 6 - 9 como norma de descarga.

La presencia de partículas en suspensión y disueltas en la descarga, influyen en las propiedades de turbidez y de sólidos suspendidos (Chapman, 1992). Las cantidades de materia orgánica en la descarga incrementan los valores de turbidez en rangos desde 10 - 30 hasta 1000 - 2000 NTU, característica que podría afectar otras propiedades como el color de la descarga, desprendimiento de malos olores y favorecer la presencia de organismos nocivos.

La descarga en términos de los sólidos suspendidos vierte al medio de la quebrada desechos líquidos con concentraciones casi seis veces superiores a las normas recomendadas para la descarga de desechos líquidos a cuerpos de agua superficiales, estas normas recomiendan una concentración no mayor a los 100 mg/l. Otras mediciones realizadas anteriormente (Blair, 1994), determinaron una concentración promedio de 611 mg/l de sólidos suspendidos, valor que se encuentra muy próximo a los obtenidos en este estudio.

4.4. Caracterización de las Variables Bioquímicas de las Descargas.

La descripción de las descargas de desechos líquidos en base a variables bioquímicas determina importantes características de los efluentes. Algunas de estas variables y las relaciones que se establecen entre ellas, se comportan como indicadores "claves" para procesos de evaluación de la calidad de aguas residuales (FAO, 1993).

De acuerdo a las observaciones de campo realizadas durante la identificación de los parámetros físicos, se determinó la existencia de una gran variabilidad en la producción de desechos líquidos como también en los períodos en que estos se generan.

Mediante la caracterización de estas variables en las descargas de aguas residuales se busca identificar los tipos de descargas que son vertidas al medio natural como también la significancia de estas en el medio ambiente, determinando la naturaleza de los principales contribuidores en cuanto a sus concentraciones y cargas contaminantes.

El análisis aplicado de las variables bioquímicas se realizó mediante la comparación entre unidades y la situación en la que se encuentran respecto a las normas de descarga de desechos líquidos.

4.4.1. Variables Bioquímicas de los Efluentes de las Plantas Procesadoras y Unidades de Producción.

Los resultados de la caracterización bioquímica del conjunto de efluentes analizados comprende la descripción de los niveles de oxigenación de los efluentes a través de la medición del oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y a aceites y grasas (cuadro 16).

Cuadro 16. Caracterización de las variables bioquímicas en cada una de las unidades agropecuarias.

UNIDAD	OD (mg/l)	DBO (mg/l)	DBO (kg/semana)	DQO (mg/l)	DQO (kg/semana)	Aceites y Grasas (mg/l)	Aceites y Grasas (kg/semana)
Establo	1.71	2100	90.22	7500	322.21	n.d.	n.d.
Cerdos	0.65	3500	54.01	12500	192.91	n.d.	n.d.
Cabras	3.59	780	13.64	1000	17.49	n.d.	n.d.
Aves	4.73	375	2.10	500	2.80	n.d.	n.d.
Lácteos	3.46	1106	197.38	4231	755.08	456	81.36
Cárnicos	3.59	1157	28.17	1600	38.98	282	6.87

n.d. = no determinado.

4.4.1.1. Oxígeno Disuelto.

Para esta variable se esperaba encontrar características homogéneas en el efluente de cada unidad; sin embargo estadísticamente se encontró una variación con una probabilidad de 0.01 (cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable OD, considerando como fuente de variación las unidades agropecuarias.

# Obs.	F _o *	C.V. **	D.E. ***	Media	Pr.	Significancia Ft a 99%
96	1291	52.1	159	306	0.0001	si

Grados de Libertad = 5

Ft = 3.17

* F_o = F observado.

** C.V. = Coeficiente de Variación.

*** D.E. = Desviación Estandar.

Los resultados del análisis aplicado de esta variable, muestran que la distribución presentada de los datos no sigue características de una curva normal, obteniéndose para esta variable un coeficiente de variación de 52 %, lo que indica el valor verdadero de OD promedio de las unidades. Se espera encontrar concentraciones entre los 4.65 y 1.46 mg/l, afirmado con una confianza de 0.01.

De acuerdo al origen de los tipos de descargas, incluyendo materias primas se tiene que, la mayor parte de descargas en la actividad agropecuaria son de tipo orgánica. Sin embargo, las variaciones en cuanto a la composición de materia orgánica cambiarán de un lugar a otro, al igual que los contenidos de oxígeno de sus descargas, de manera inversamente proporcional (Barrera, 1987; Cubillos, 1978).

El OD es necesario en cantidades adecuadas para la vida de los peces y de otros organismos acuáticos y de acuerdo a su concentración dependerá la actividad biológica del cuerpo de agua colector (Aceituno, 1994).

Variaciones en el OD, pueden ocurrir estacionalmente o aún en periodos de 24 horas, en relación a la temperatura y la actividad biológica. La respiración biológica incluyendo los procesos de descomposición, reducen las concentraciones de OD. La medición de OD puede ser usado para indicar el grado de contaminación con materia orgánica, la depuración de sustancias orgánicas y el nivel de autopurificación del agua (Chapman, 1992).

Algunos efluentes agropecuarios estudiados se encuentran constituidos, en su mayoría, por heces y orina (unidades de cerdos, cabras y establo de ordeño), otros por desechos de sus materias primas (planta de industrias lácteas) y finalmente otros con desechos de compuestos orgánicos y corporales (planta de industrias cárnicas y matadero de aves). En consecuencia, estos tipos de efluentes agroindustriales presentaron diferencias en cuanto a las concentraciones de OD presentes en sus descargas, aumentando en algunos casos (altos volúmenes de dilución) y reduciendo en otros (descargas saturadas).

El análisis de separación de medias clasificó a los distintos efluentes en dos grupos, los cuales presentan características diferentes en términos de la concentración de OD (figura 13). La unidad de cerdos y el establo de ordeño presentaron los valores más bajos de OD en

comparación al resto de las unidades (cerdos 0.65 mg/l y establo 1.7 mg/l), considerándose los casos más críticos. Esto aparentemente puede ser, debido al tipo y la elevada cantidad de materia orgánica, compuesta por heces, y orina altamente concentrados, que inhiben la cantidad de oxígeno presente en el efluente.

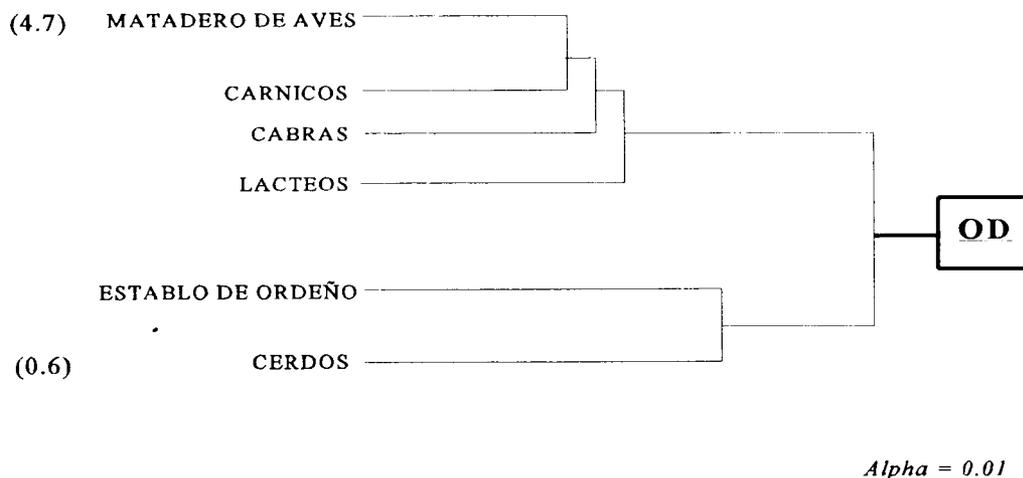


Figura 13. Ordenamiento de los efluentes pecuarios de acuerdo a la característica de OD basado en la prueba SNK de separación de medias.

Del conjunto de unidades productivas el matadero de aves presenta el efluente que contiene la mayor concentración de OD (4.7 mg/l), Entre las unidades de cárnicos, cabras y lácteos no se encontró diferencia significativa.

Los valores encontrados en la separación de medias determinan que las descargas se encuentran por debajo de las normas para el establecimiento de la vida acuática. Según Balsiger (1994) y Chapman (1992), a partir de una concentración de 5 a 6 mg/l de oxígeno pueden tener efectos adversos en las funciones y sobrevivencia de comunidades biológicas.

Sin embargo, se tiene que concentraciones abajo de los 2 mg/l puede reducir la vida de muchos peces (Chapman, 1992).

De acuerdo a los datos encontrados para esta variable, los casos mas criticos en base a las concentraciones de oxígeno son el establo de ordeño y la unidad de cerdos, que alcanzan las concentraciones más bajas del conjunto de unidades, 1.71 y 0.65 mg/l respectivamente; considerando como límite de matanza general de la actividad biológica acuática 2 mg/l.

4.4.1.2. Demanda Química de Oxígeno.

Las características de los efluentes en cuanto a la demanda de oxígeno son expresadas a través de la demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), siendo la DQO una prueba más rápida y simple comparada con la metodología empleada para la determinación de DBO.

Las concentraciones observadas de DQO se encuentran listadas en el cuadro 16, estas muestran que la unidad de cerdos, establo de ordeño y planta de industrias lácteas, tienen una concentración de DQO particularmente elevada, 12500, 7500 y 4231 mg/l respectivamente.

En base a la identificación de los procesos antes descritos, en la unidad de cerdos y el establo de ordeño aparentemente los efluentes de lavado de las instalaciones (corrales y sala de ordeño), son algunos factores que incrementan considerablemente los niveles de demanda de oxígeno. En el caso de lácteos los efluentes de suero de queso y residuos de leche producidas durante la elaboración de subproductos, influyen principalmente en los niveles de DQO del efluente.

En la figura 14 se presentan las concentraciones alcanzadas en cada unidad y a su vez se comparan con los límites permisibles de las normas de México para el vertimiento de desechos líquidos a cuerpos de agua. Estas consideran la presencia de sustancias inorgánicas que ejercen poca o ninguna DBO bajo condiciones de la prueba, pero que en la práctica ejercen una demanda de oxígeno en el cuerpo de agua receptor relativamente lenta, se sugiere una DQO correspondiente a 200 mg/l (Thomas et al., 1994).

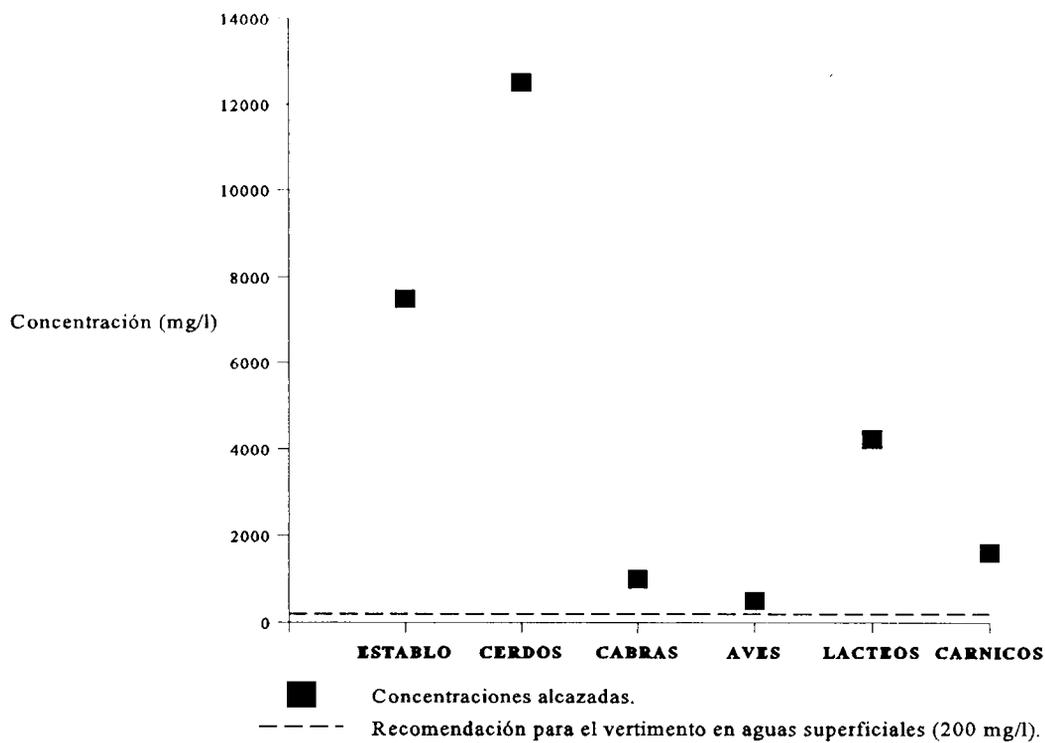


Figura 14. Concentración de DQO en las unidades agropecuarias analizadas.

Comparando los valores obtenidos del matadero de aves, unidad de cabras y la planta de industrias cárnicas con la norma de 200 mg/l, las concentraciones vertidas en sus efluentes superan el límite permisible, siendo la unidad de aves la concentración más próxima a las normas para las descargas mencionadas en el anexo 5.

Las cargas contaminantes vertidas por cada unidad se encuentran listadas en el cuadro 15, son representadas en cantidades semanales, debido a la infrecuente realización de algunas de sus actividades (figura 15).

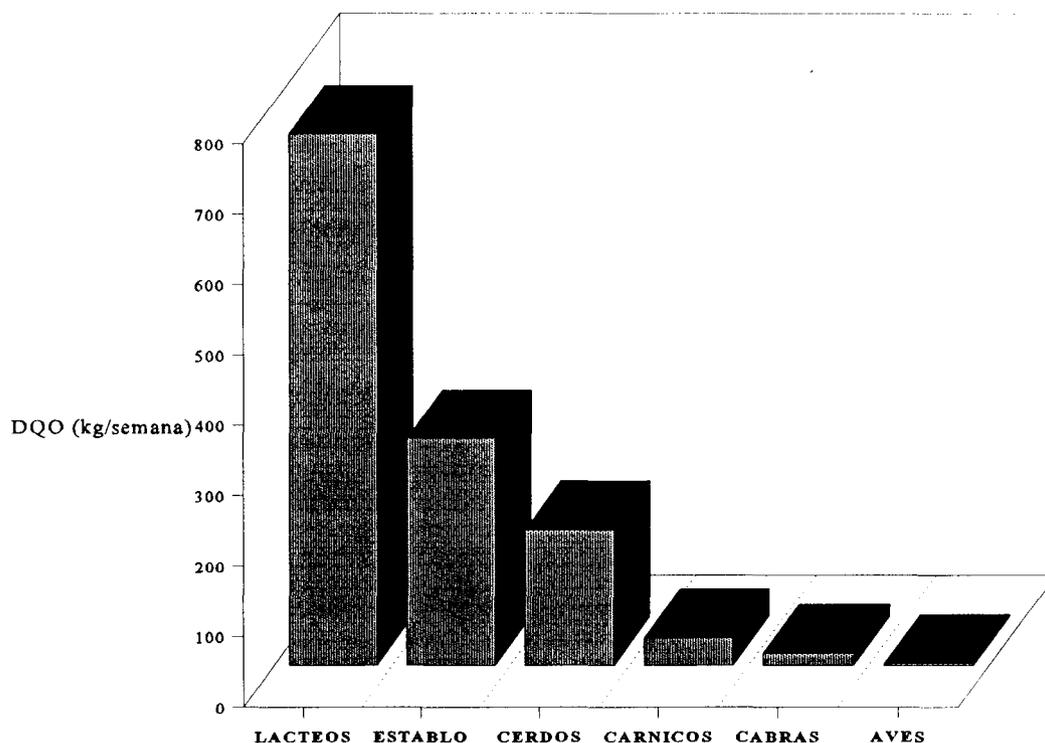


Figura 15. Carga semanal de DQO en las unidades agropecuarias analizadas.

El primer pico se podría deber al período de mayor concentración de los procesos en las plantas de procesamiento y unidades de manejo animal, las cuales aportan al volumen total la mayor parte de la descarga. El segundo pico determinado es cuando se lleva a cabo las actividades de limpieza de las instalaciones.

La tendencia del volumen de descarga es a decrecer durante las horas de la tarde; observándose posteriormente un incremento moderado que se debe a las actividades de la segunda jornada de ordeño de ganado lechero.

La figura anterior muestra la elevada producción de cargas de DBO de la planta de lácteos, comparada con la del establo y cerdos, donde estos últimos se reducen de 755.1 kg/semana de producción, para lácteos a 322.2 y para el establo y cerdos 193 kg/semana, lo

que implica una reducción menor al 50 % del volúmen máximo producido en todas las unidades estudiadas.

En caso del matadero de aves las cargas producidas son muy bajas debido a la frecuencia con que sus actividades de producción se realizan, realizándose las labores de matanza cada seis semanas durante tres días consecutivos.

4.4.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno.

En el cuadro 16 se presentan las concentraciones de DBO en cada unidad, obtenidas por medio de la prueba de laboratorio. Para fines de comparación de las concentraciones obtenidas se sugiere como norma para la descarga un límite de DBO de 50 mg/l, debido al contexto en general en que se vierten las descargas.

La absorción de oxígeno disuelto en los cuerpos colectores, determina el límite de descarga tomando en cuenta algunas consideraciones, como la disponibilidad de un sistema de alcantarilla de alto volúmen y capacidad, y la disponibilidad de dilución en las quebradas y ríos receptores. Estos factores influyen en el aumento o disminución de la actividad biológica (WHO, 1992).

En base a las relaciones de concentraciones obtenidas, la unidad de cerdos y el establo de ordeño, son las que presentaron las concentraciones mas altas (3500 y 2100 mg/l) del grupo de unidades muestreadas (figura 16).

En la descripción de los procesos generadores de desechos líquidos identificados en la primera sección de este capítulo, el conjunto de procesos realizados en el área estudiada generan desechos líquidos biodegradables en su amplia mayoría. Sin embargo, algunas actividades utilizan sustancias químicas (detergentes y/o desinfectantes), empleadas para fines de limpieza del equipo e instalaciones que podrían alterar de alguna forma las cargas aportantes de cada unidad, principalmente en términos de DBO.

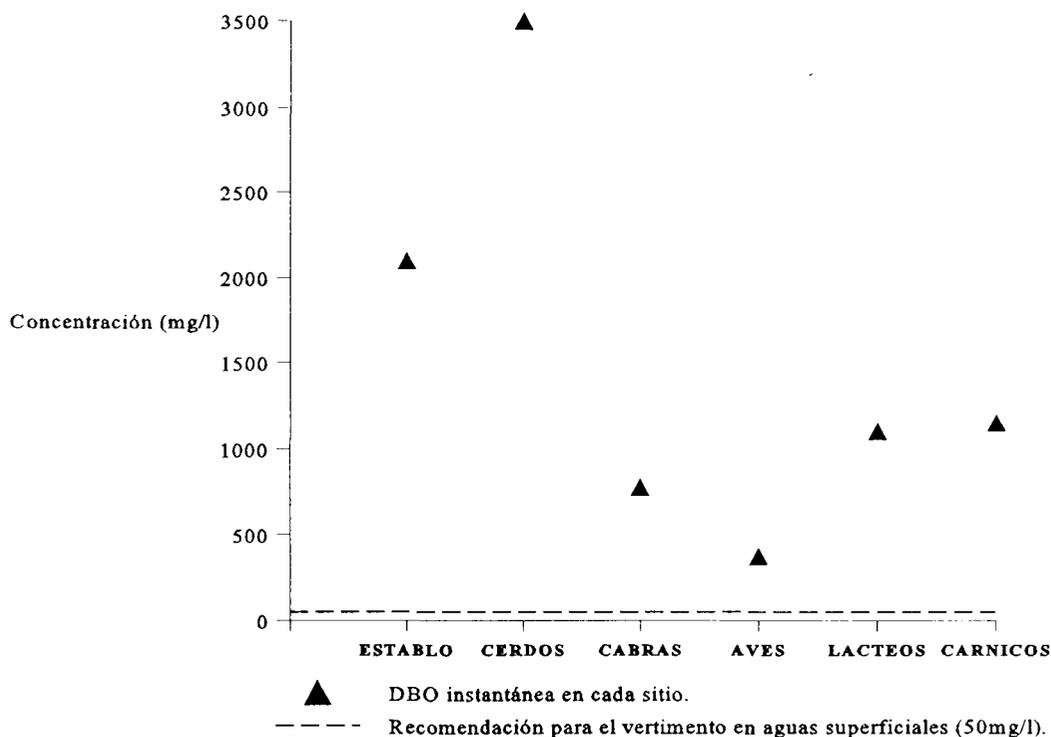


Figura 16. Concentración de DBO en las unidades agropecuarias analizadas.

En base a las descripciones de los procesos generadores de desechos líquidos, aparentemente las concentraciones de DBO en la unidad de cerdos y el establo de ordeño son producidas por la acumulación de materia orgánica, la cual tiende a ser normal de encontrarse en las instalaciones de manejo animal. Las concentraciones alcanzadas en estas unidades, se encuentran sobre los límites de las normas de descarga de desechos líquidos.

En las descargas de las plantas procesadoras de leche y carne, son pocas las diferencias en las concentraciones de la DBO (1100 mg/l), esto se debe a la similitud de sus efluentes en cuanto a los niveles demandantes de oxígeno, encontrándose ambas descargas arriba de las normas aceptables (50 mg/l).

Las descargas tanto de la unidad de cabras y del matadero de aves presentan las concentraciones más bajas del conjunto de unidades, estas se encuentran sobre las normas recomendadas para las descargas de aguas residuales (50 mg/l).

Las concentraciones de DBO alcanzadas en cada unidad, son entre 1.3 a 3.8 veces inferior a las de DQO, donde la mayoría de las descargas presentan una relación de 2:1 (DQO:DBO), que es relativamente usual de encontrar en algunas descargas con características similares, en cuanto al contenido de materia orgánica, expresándose a través de ello la capacidad de los efluentes para poder ser biodegradados; sin embargo se presentaron casos particulares con relaciones superiores a dos (figura 17).

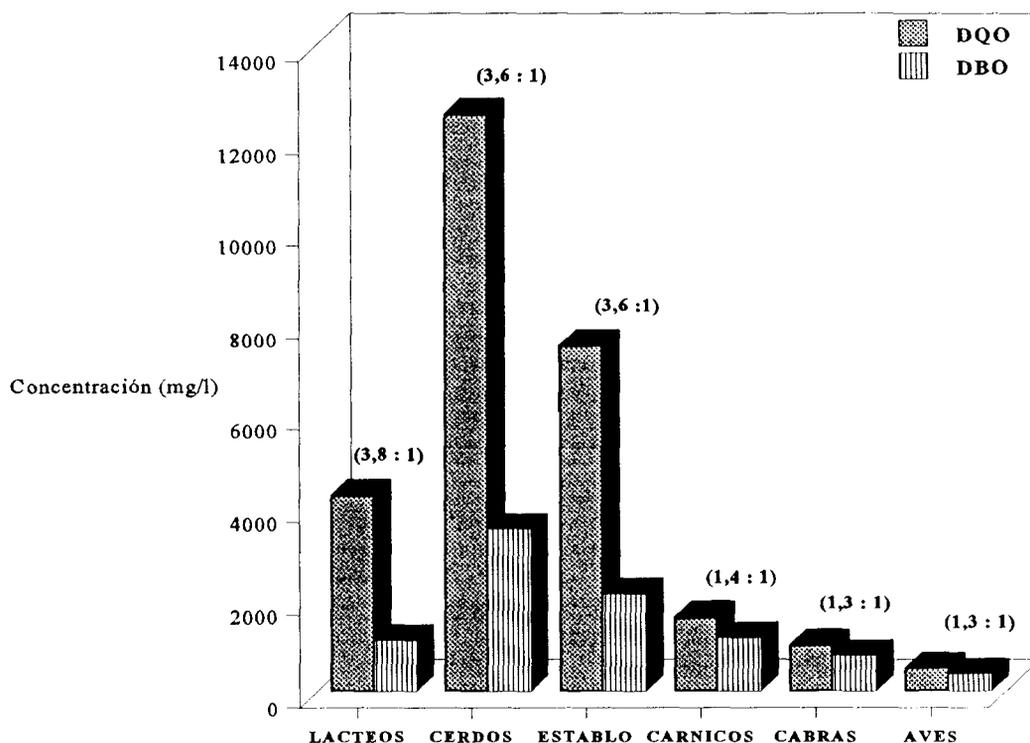


Figura 17. Relación entre concentraciones de DQO y DBO.

La planta de industrias lácteas se presenta como uno de los casos particulares en términos de la razón de DQO:DBO, alcanzando la más alta del conjunto de descargas vertidas al sistema de Zootecnia (3.8:1), lo cual implicaría que este efluente es el más difícil de tratar biológicamente, comparando con aquellos casos que presentan razones menores o iguales de 2:1. Es decir la razón obtenida muestra que con una relación de casi 4:1, luego de un proceso de tratamiento biológico solo se espera que se degrade un 25 % del volumen total, quedando un 75 % sin degradarse biológicamente, lo ideal será obtener condiciones de descarga que muestren razones inferiores o iguales a 2:1, donde se podrá asegurar que la mayor proporción del efluente pueda degradarse biológicamente.

En relación a las razones entre la DQO y DBO presentadas en la unidad de cerdos y establo de ordeño, estas alcanzan razones de 3.6:1. Esta relación es bastante particular del conjunto de unidades estudiadas.

La prueba de DBO presenta la característica de ser muy sensible a condiciones desfavorables para la determinación de los niveles de demanda de las muestras, obteniendo circunstancialmente valores que no son los niveles de demanda reales del efluente. Esto puede ser, debido a la presencia de sustancias que inhiben temporalmente la actividad biológica (p.e. cloro y detergentes), también existe la posibilidad de la mala aclimatación de la semilla microbial al momento de la incubación de la muestra en la prueba de laboratorio.

La falta de información sobre la tratabilidad de estos efluentes pone la situación un tanto mas incierta ya que es difícil saber si el efluente podría ser mas biodegradable en caso de que la semilla microbiana se llegara a aclimatar.

En consecuencia a lo anteriormente discutido, esta razón puede comportarse como un indicador de la presencia temporal de sustancias inhibitorias, causantes de reducciones en los procesos de aclimatación de la flora bacteriana. Entonces, un tratamiento previo a la etapa biológica, reduciría este impacto un tanto negativo, en los procesos de tratamiento biológico y proporcionaría a su vez, un lapso de tiempo para la aclimatación de las poblaciones de microbios del efluente.

En cuanto a las cargas producidas en cada unidad (figura 18), la planta de industrias lácteas produce un efluente con 197 kg/semana de DBO, siendo esta la carga mas alta producida individualmente dentro de los sitios analizados. La tendencia de las cargas producidas de DBO son bastante parecidas a las encontradas en las pruebas de DQO, diferenciándose en la proporción.

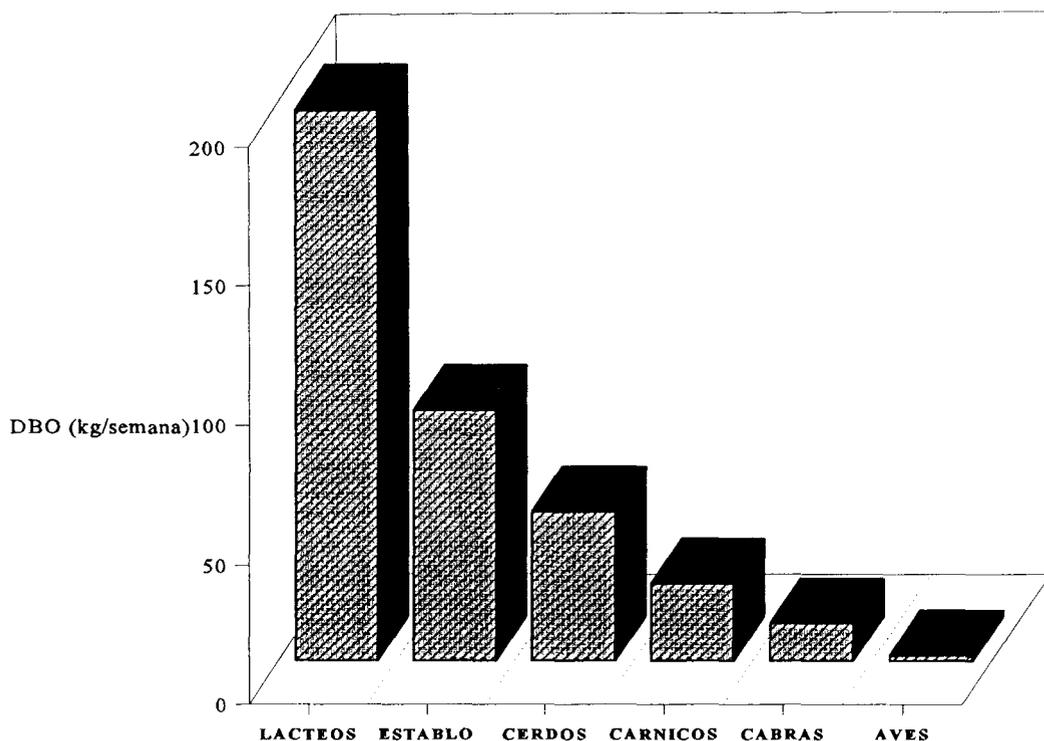


Figura 18. Carga semanal de DBO en las unidades agropecuarias analizadas.

4.4.1.4. Aceites y Grasas.

La cantidad de aceites y grasas componentes de los efluentes, fueron analizadas en las plantas de procesamiento de leche y carne, debido al restringido presupuesto con que se disponía para los análisis. Las demás unidades analizadas tienen dentro de las características de sus efluentes, compuestos principalmente constituidos por desechos orgánicos animales, a excepción del matadero de aves.

En el cuadro 16 se presentan las concentraciones de aceites y grasas en aquellos efluentes que han sido analizados. De acuerdo a los datos obtenidos y la representación de los mismos (figura 19), en las plantas de lácteos y cárnicos, se alcanzaron niveles de carga significativos, encontrándose en ambos casos valores superiores a las normas recomendadas para la descarga de aguas residuales (10 mg/l).

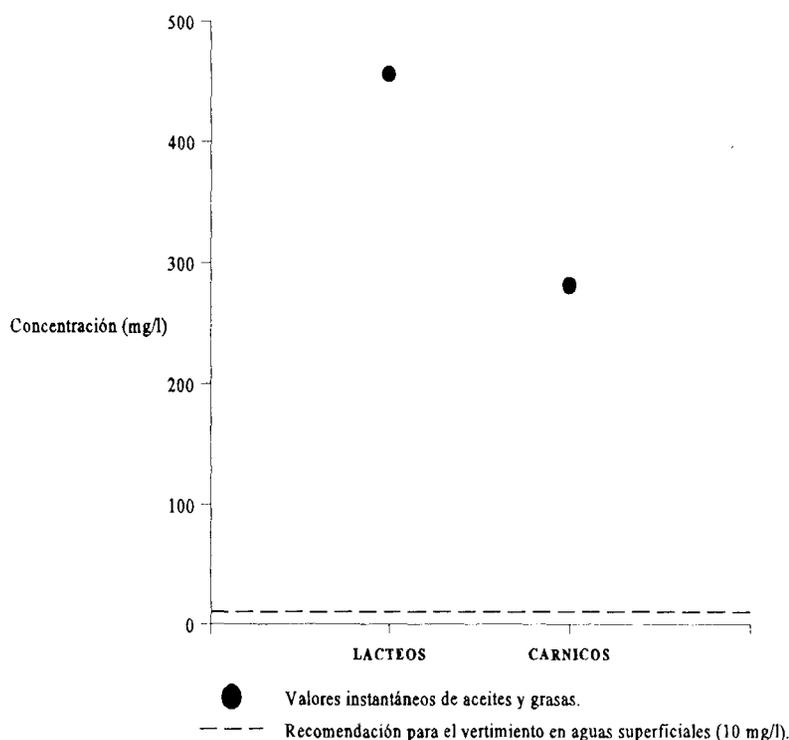


Figura 19. Concentración de aceites y grasas en las plantas de producción pecuaria.

La planta de lácteos es el principal aportante en términos de aceites y grasas, presentando su descarga una concentración de 456 mg/l, frente a una concentración de cárnicos de 282 mg/l. Ambas concentraciones se encuentran superiores a las concentraciones esperadas para el tipo de industrias (anexo 3) y a las normas recomendadas para la descarga de desechos líquidos, la cual indica una concentración límite de 10 mg/l, en cuerpos de agua superficiales.

Considerando la composición de la leche, esta tiene aproximadamente un 3.2 % de grasa, las cantidades de leche vertidas incorporan niveles de grasas al efluente, dependiendo de los volúmenes de diluyente se verá incrementada la concentración en el efluente. Otros procesos importantes en la planta, incorporadores de esta característica son las actividades de procesamiento de quesos y de mantequilla.

En el caso de la planta de cárnicos las concentraciones son menores (282 mg/l), encontrándose dentro del rango típico de concentración de acuerdo a los volúmenes de producción (anexo 3). Sin embargo estos valores son superiores a las normas recomendadas en el anexo 5. Las principales actividades aportantes en los niveles de grasa de los efluentes son: durante las labores de sacrificio y limpieza de canales, a través de los efluentes de sangre y lavado de vísceras.

En la figura 20 se puede apreciar las cargas aportadas por ambas plantas para esta variable, donde muestra que la producción de lácteos es mucho más importante en términos de las cargas vertidas que la de cárnicos. Esta relación también expresa la diferencia en términos de los volúmenes de efluentes, es decir que la planta de lácteos produce mayor cantidad de desechos líquidos que la planta de cárnicos.

Como consideración a los volúmenes de aporte de aceites y grasas se tiene como referencia que las actividades de matanza de aves incorporan también ciertos niveles de aceites y grasas, reportando la literatura en base a los niveles de producción concentraciones de 150 mg/l con un nivel de producción base de 1000 aves a sacrificio (ASHACT, 1990).

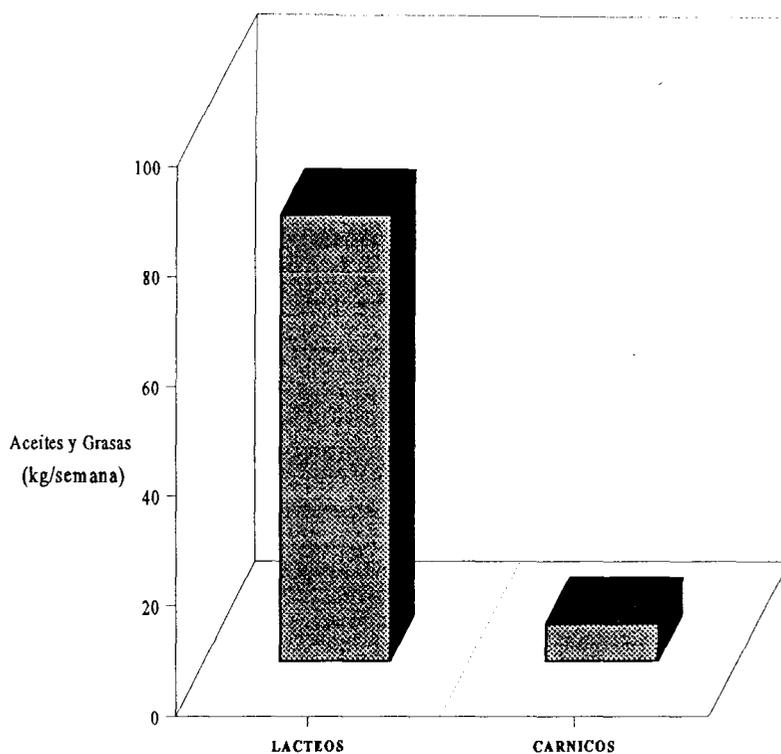


Figura 20. Carga semanal de aceites y grasas en las plantas de producción pecuaria.

4.4.1.5. Nitratos.

El tipo de análisis utilizado para la determinación de esta variable en aguas residuales agropecuarias, caracterizadas por tener alto contenido de materia en suspensión y disuelta, no fue el mas apropiado debido al tipo de análisis colorimétrico del equipo; a consecuencia de esto la cantidad de materia suspendida y disuelta imposibilitó una correcta medición de esta variable.

4.4.2. Variables Bioquímicas de la Salida Común del Sistema de Alcantarilla.

La caracterización bioquímica realizada a nivel de la descarga del sistema de alcantarilla fue en base a las concentraciones y cargas contaminantes vertidas a través de su descarga, como también a la descripción de la variabilidad de la DBO durante una jornada "crítica" de generación de desechos líquidos; es decir un día que representara una situación cargada en cuanto a la producción de desechos líquidos por la simultaneidad en la ocurrencia de ciertos procesos productivos.

4.4.2.1. Concentraciones y Cargas Contaminantes.

El conjunto de concentraciones y cargas contaminantes de las variables bioquímicas analizadas en esta descarga se encuentran presentados en el cuadro 18.

Cuadro 18. Variables bioquímicas de la descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.

Variable	Unidad	Promedio
OD	mg/l	2.69
DQO	mg/l	2308.00
DQO	kg/semana	1269.14
DBO	mg/l	1545.00
DBO	kg/semana	849.58
Aceites y Grasas	mg/l	72.00
Aceites y Grasas	kg/semana	39.59

En términos de OD en la descarga se tiene que la concentración podría afectar el funcionamiento y sobrevivencia de comunidades acuáticas biológicas, existen periodos en que en la descarga bajan las concentraciones a niveles críticos para la sobrevivencia de peces (menos de 2 mg/l). En consecuencia a lo anterior podría esperarse una alta concentración de

contaminantes, los mismos que reducen considerablemente el contenido de OD e incrementan los niveles de demanda.

El contexto que presentaba esta descarga, durante el desarrollo del estudio, mostró un factor de dilución de cero, donde el efluente se infiltra y evapora a pocos metros de su descarga y en la quebrada, causando reducidas posibilidades de encontrar fauna acuática aguas abajo de la descarga.

Considerando la situación de la unidad de cerdos, como uno de los efluentes con mayor concentración de contaminantes, demandantes de oxígeno, es importante tomar en consideración poder reducir las cargas contaminantes con algún tipo de tratamiento adecuado para estas descargas. Actualmente se está realizando la construcción de un biodigestor al que se conecta el efluente, esto podría contribuir a la mitigación de las cargas al someter esta descarga a un proceso que reduzca las cargas contaminantes que arrastra, realizándose de cierta forma un tratamiento previo a su descarga a la quebrada, reduciendo las cantidades de demanda de oxígeno y material en suspensión arrastrado por el efluente.

Según Thomas et al., (1994) el nivel de tratabilidad biológica de los efluentes puede ser medido con base en la relación que describen las concentraciones de DQO y DBO, tomando como consideración base la razón de 2:1 típica en descargas de efluentes municipales; en consecuencia la razón que se presenta de DQO:DBO, en la descarga del sistema común de alcantarilla (1.5:1), indica un buen índice de tratabilidad de su descarga, que puede ser degradado biológicamente.

La figura 21 muestra las características de la descarga en base a los resultados de concentración de contaminantes.

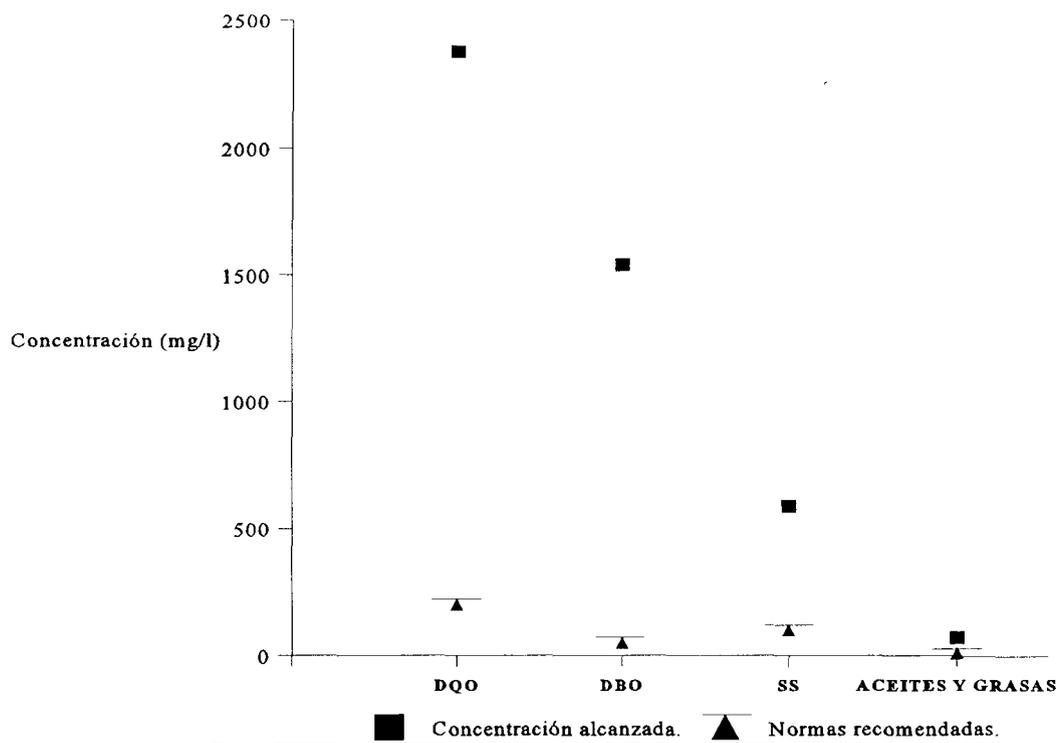


Figura 21. Concentraciones de contaminantes en la descarga del sistema de alcantarilla de Zootecnia.

En cuanto a la concentración de sólidos suspendidos, como se mencionó en la parte de la descripción de las variables fisico-químicas, la descarga alcanza concentraciones de 590 mg/l (superior en 5 veces a lo recomendado), y de acuerdo con los volúmenes de descarga se alcanzan cargas superiores a los 300 kg/semana; lo cual podría repercutir en posibles problemas en usos futuros, principalmente como agua de riego, debido a la excesiva cantidad de sólidos, que pueden causar obstrucciones y favorecer la presencia de organismos patógenos. Además los sólidos suspendidos no resultan agradables de observar en un río o quebrada (color, objetos flotantes, etc), y contribuyen de manera considerable a la contaminación orgánica. Todo lo anterior considerando el contexto aguas abajo, en cuanto a la ubicación de otros cuerpos de agua próximos y los fines con que es utilizado el recurso.

Las cantidades de aceites y grasas alcanzan cargas de casi 40 kg/semana, con concentraciones que alcanzan los 72 mg/l. En términos comparativos con recomendaciones adecuadas de descarga (10 mg/l), se tiene que los valores encontrados sobrepasan considerablemente los límites, siendo estos 7 veces superiores al contemplado para esta variable.

4.4.2.2. Variabilidad de la DBO Durante una Jornada de Trabajo.

La descripción de los cambios horarios de la DBO en la descarga del sistema de alcantarilla, fue realizada durante un lapso de 12 horas continuas de descarga durante un día de producción. El día fue escogido en términos de situaciones críticas, de acuerdo a las diversas actividades realizadas, esto fue reflejado a través de la producción simultánea de varios efluentes.

En el cuadro 19 se presentan los resultados obtenidos de DBO con fines de determinar su comportamiento durante una jornada de producción de desechos líquidos.

Se determinó como un período de máxima concentración entre las 14:30 a 15:30 pm, alcanzándose una DBO de 5060 mg/l. Durante este período aparentemente se produce la acumulación de varios procesos que incorporan cantidades altamente demandantes de oxígeno, como es el caso de los efluentes de sangre (matanza de cerdos y aves), entre otros.

El período con la mínima concentración de DBO se presentó entre las 6:30 a 7:30 am (993 mg/l), lo que indica probablemente la presencia de sustancias inhidoras como detergentes y desinfectantes utilizados en los procesos de limpieza de equipo al inicio de las actividades, en un día típico de producción, principalmente en la planta de lácteos.

Cuadro 19. Comportamiento de la DBO durante una jornada típica de producción en la descarga de la alcantarilla de Zootecnia.

Muestra Compuesta	Intervalo Horario	Concentración DBO (mg/l)	Carga Horaria DBO (kg/hr)
I	5:30 - 6:15	1023	3.28
II	6:30 - 7:15	993	5.67
III	7:30 - 8:15	1119	13.27
IV	8:30 - 9:15	3893	46.46
V	9:30 - 10:15	2892	38.05
VI	10:30 - 11:15	2630	31.98
VII	11:30 - 12:15	2160	19.13
VIII	12:30 - 13:15	1130	7.13
IX	13:30 - 14:15	1690	12.96
X	14:30 - 15:15	5060	26.64
XI	15:30 - 16:15	1715	4.60
XII	16:30 - 17:30	3550	5.46

Según los análisis de la DBO realizados por Blair (1995), se encontró una concentración máxima de 1718 mg/l a las 10:00 a.m. y una mínima de 893 mg/l a las 12:30 p.m.; la concentración máxima difiere sustancialmente con la obtenida en el estudio y la mínima en poca proporción, donde la diferencia se debe aparentemente a la metodología de muestreos empleada, siendo la del presente estudio, proporcional a la situación existente y no así muestras simples las cuales representan situaciones de un determinado momento y bajo una carga y concentración instantánea. El estudio sostiene una representación de los datos proporcional a la situación real de descarga, debido a que cada muestra horaria para el análisis de laboratorio fue formada a través de cuatro muestras simples de acuerdo a la frecuencia de muestreo previamente establecida, obteniendo finalmente una muestra compuesta proporcional al caudal y concentraciones vertidas durante cada hora observada.

En la figura 22, se puede apreciar la tendencia en cuanto a las concentraciones de DBO que se describen durante una jornada típica de producción del conjunto de efluentes aportantes a la descarga del sistema de alcantarillado.

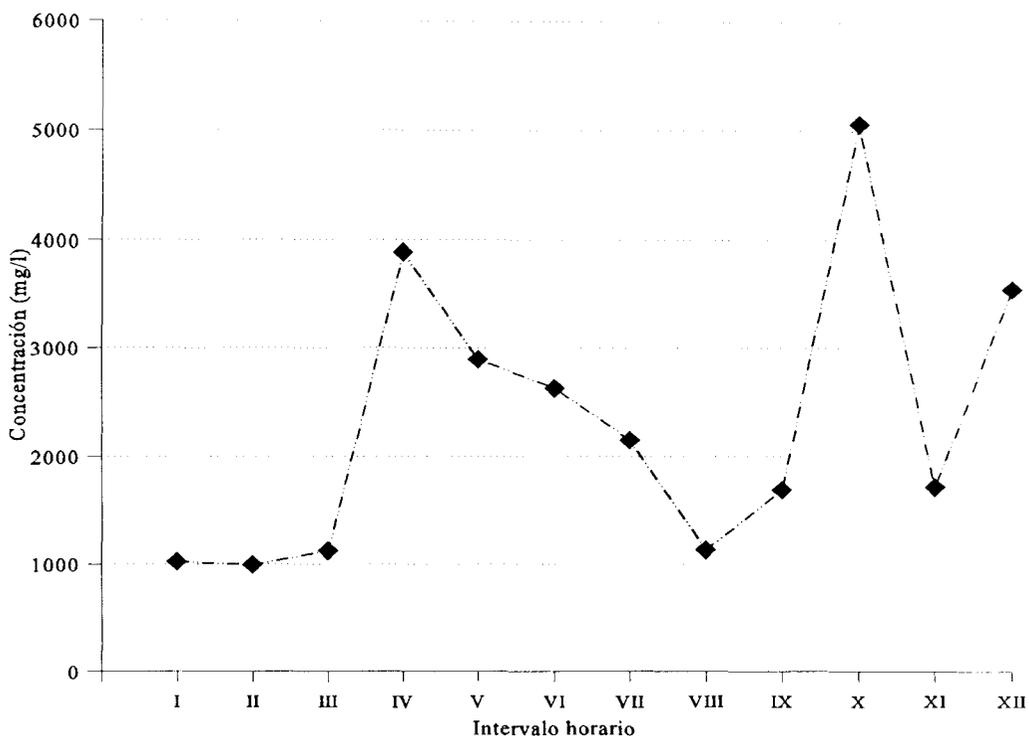


Figura 22. Variaciones de las concentraciones de DBO en la descarga de la alcantarilla de Zootecnia durante 12 horas de descarga.

En cuanto a las cargas de DBO se presenta el pico máximo entre las 8:30 a 9:30 am, que no coincide con el pico máximo anterior en términos de concentración. En consecuencia, la carga se encuentra influenciada con el volumen de descarga presentado a esa hora (12 m³/hr), siendo el tercero más alto (figura 23).

El volumen antes mencionado se debe a la acumulación de efluentes vertidos, consecuencia de la finalización de los períodos de limpieza en algunas unidades. En el caso

de los principales aportantes en términos de volúmenes de descarga, la planta de lácteos se encuentra en plenas labores de procesamiento y el establo en las actividades de limpieza de sus instalaciones y equipo.

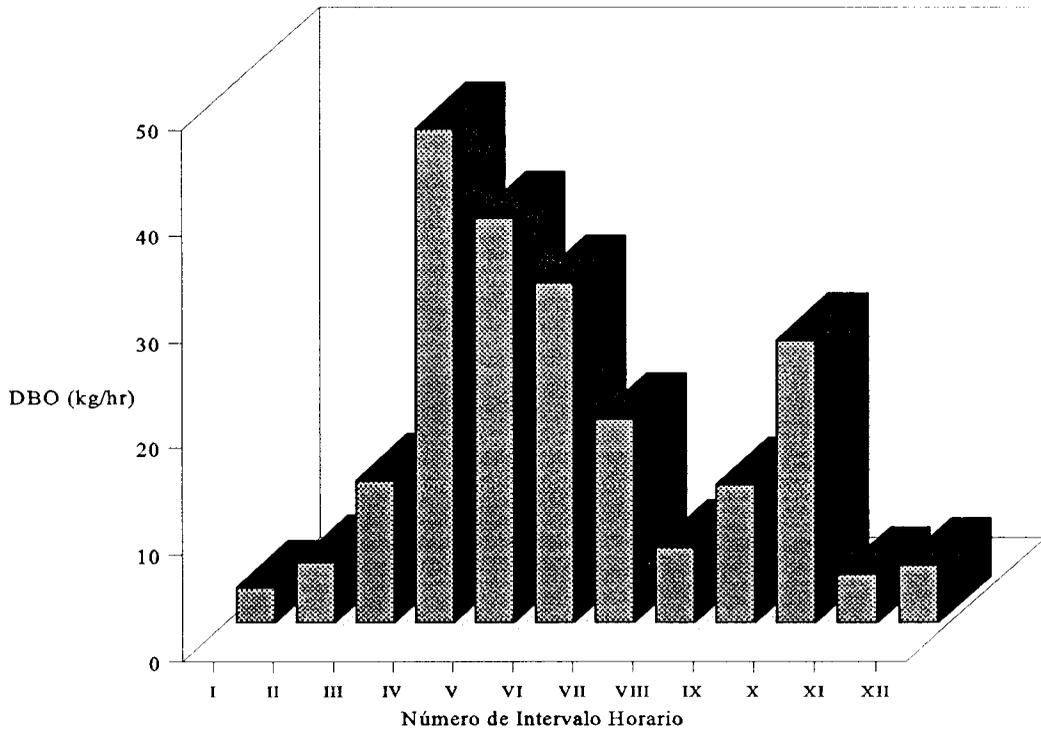


Figura 23. Variaciones en las cargas de DBO en la descarga de la alcantarilla de Zootecnia durante 12 horas de descarga.

De acuerdo a alguna alternativa de tratamiento estos valores de descarga tienen alta importancia, ya que al determinar los picos máximos en un día típicamente concentrado, se podrá diseñar un sistema que controle las descargas tanto concentradas como las de mayor aporte. En consecuencia, la determinación de los niveles de concentración de los contaminantes en base a los volúmenes de descarga, representarán datos importantes al

momento de optimizar el funcionamiento de un sistema de tratamiento a través de la capacidad de biodegradación que este pueda proporcionar.

Las variaciones encontradas en términos de cargas contaminantes respaldan la interpretación realizada con los volúmenes de descarga, que discute la necesidad de contar con un sistema que controle los volúmenes del efluente mediante un colector que retenga y regule la salida de la descarga, a su vez este colector funcionaría como un homogeneizador de las cargas contaminantes, controlando también de esta forma cargas altas que podrían afectar la eficiencia en posteriores sistemas de tratamiento.

V. CONCLUSIONES

-Los desechos líquidos presentan los mayores problemas en cuanto a un adecuado manejo en el área de Zootecnia.

-Las descargas provenientes de las actividades productivas pecuarias son contaminadas en general y las mismas son desechadas sin tratamiento alguno; en consecuencia, existe la necesidad de tratamiento de las descargas, especialmente en la descarga del sistema de alcantarillado debido a la capacidad asimilativa existente de la quebrada La Chorrera; es decir, el cuerpo de agua no ofrece ninguna dilución, ni funciona como un proceso de depuración natural.

-No hay necesidad de realizar tratamiento en cuanto a las características acido-alcalinas (pH) ni temperatura. En cuanto a los volúmenes de descarga, sólidos suspendidos y DBO/DQO, existe la necesidad de realizar tratamiento a las descargas. El volumen de descarga puede tratarse mediante la estabilización de las descargas (homogeneización o equilibrio), para obtener un caudal de salida constante; los sólidos mediante un proceso de sedimentación y posterior separación de lodos, teniendo en consideración el destinar lechos para el secado de fangos; finalmente la demanda de oxígeno (DBO/DQO) pueden tratarse biológicamente mediante el establecimiento de lagunas de oxidación.

-La balanza de agua en el área de producción pecuaria indica que en las condiciones actuales de manejo, los volúmenes consumidos de agua durante el horario habitual de producción (5:30 a.m. - 5:30 p.m.), alcanza entre el 57 y 72 % del total consumido en un día (161.03 m³). El volumen restante que es consumido en horas no laborales y puede deberse a fugas en el sistema de distribución como también a los consumos de agua por los animales a través de los bebederos automáticos.

-La falta de medidores de consumo de agua en las unidades y plantas de producción causó la dificultad de obtener datos de consumo específicos de cada sitio. En la planta de cárnicos, por dificultades físicas, no se pudo realizar mediciones directas de caudal de descarga.

-La planta de industrias lácteas produce el volumen más alto de desechos líquidos del conjunto de efluentes analizados (178.46 m³/semana), debido principalmente a que se utiliza agua en los procesos de enfriamiento. El matadero de aves durante los días de sacrificio (3 días cada seis semanas), produce 30 m³/jornada de desechos líquidos por día.

-La temperatura de los efluentes, fue de 22 a 23 °C. Esta característica se debe a la ausencia de actividades que generan temperaturas altas en sus aguas de desecho, y a que la fuente de agua de abastecimiento y la red de distribución es la misma para toda el área productiva.

-El equipo de campo utilizado para el análisis de nitratos realizados en los distintos efluentes, no resultó ser el más apropiado para la determinación de esta variable en aguas residuales, más aún si se trata de aguas con la característica de tener alta cantidad de materia en suspensión o disuelta, debido al tipo de prueba colorimétrica del equipo; en consecuencia equipo con características de análisis colorimétrico no son adecuados para aguas residuales que contienen alto contenido de materia orgánica en solución ni sólidos en suspensión.

-Todos los efluentes se caracterizaron por estar compuestos principalmente por materia orgánica, la cual se encuentra en diferentes volúmenes de dilución, presentando características diversas en cuanto a la materia orgánica en suspensión de los efluentes. Estos niveles de dilución determinan las unidades de turbidez y la concentración de sólidos suspendidos en el efluente.

-Se encontró diferencias significativas entre cada sitio en el pH, turbidez y oxígeno disuelto (OD); diferencias que se deben principalmente a la variedad de procesos que intervienen durante la actividad productiva pecuaria de Zamorano, donde los efluentes de higienización de las plantas reducen las condiciones ácidas por la presencia en la composición de estos efluentes de detergentes u desinfectantes que le otorgan esta propiedad, mientras que los efluentes de lavado de las instalaciones determinan las cantidades de partículas disueltas o en suspensión que otorgan las propiedades de turbidez de las descargas. La concentración de OD y turbidez en los efluentes se encuentran influenciados por el nivel de dilución de los

componentes del efluente determinando el grado de saturación y dispersión de las partículas de las descargas.

-En cuanto a las propiedades ácido-alcalinas los efluentes se encuentran dentro de 6 y 8 unidades de pH, lo cual indica que bajo los niveles de producción actual ningún tratamiento químico primario es aconsejable de realizar.

-La concentración de OD y turbidez en los efluentes se encuentran influenciados por el nivel de dilución de los componentes del efluente determinando el grado de saturación y dispersión de las partículas de las descargas.

-Las concentraciones de oxígeno en las descargas determinan que estas se encuentran contaminadas tomando en cuenta que concentraciones abajo de 8 a 10 mg/l indican la presencia de contaminación, sin embargo se vierten efluentes con concentraciones mucho mas inferiores o muy próximas a 2 mg/l lo cual indica una mayor contaminación por bajas concentraciones de O₂ y consecuentemente alta demanda de oxígeno pudiendo afectar al establecimiento de la fauna acuática.

-Las características de las demandas de oxígeno en los efluentes muestran razones (DQO:DBO) que indican que el conjunto de efluentes pueden ser tratados biológicamente; en consecuencia el tratamiento mas factible para estos efluentes es el de retención y biodegradación a través de un sistema de lagunas de oxidación dado que hay terreno disponible.

-La tratabilidad de los efluentes puede encontrarse alterada debido a la presencia de efluentes altamente concentrados de detergentes u desinfectantes, empleados en las actividades de limpieza de equipo y en algunos casos de instalaciones, como también a la acumulación microbiana.

-De las dos plantas procesadoras la planta de lácteos produce la mayor cantidad de aceites y grasas, pudiendo ocasionar retrasos en la biodegradación de la descarga; en consecuencia la remoción de estos compuestos tendrá que formar parte del tratamiento primario de este efluente.

-Impactos Ambientales.

La acumulación de sólidos y las concentraciones de oxígeno pueden constituirse en un importante problema de aguas abajo, en el caso de establecerse el caudal de la quebrada receptora de desechos, debido a que con la deriva de los sólidos causaría un incremento en la sedimentación en la laguna ubicada aguas abajo, y ocasionar problemas en el bombeo del agua destinado para el riego del área de San Nicolás. Las bajas concentraciones de DBO podrían afectar negativamente la fauna acuática que existe en la laguna, causando una reducción de la población o eliminarla en casos extremos.

De acuerdo con el principal uso del recurso aguas abajo (riego) y el tipo de riego (aspersión), existiría la posibilidad de que, si el agua se encontrara contaminada con coliformes, estos sean diseminados en un área mayor y afectar la salud humana de trabajadores y personas que viven en la zona.

A pocos metros de la descarga existen un par de familias ubicadas en el área, las cuales se encuentran en alto riesgo de contraer enfermedades al tener en sus proximidades un ambiente propicio para la cría de patógenos e insectos vectores.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de caracterización de aguas residuales en otras agroindustrias instaladas en Zamorano como las ubicadas en el área de Horticultura, las cuales desechan sus aguas residuales a cuerpos de agua próximos a sus instalaciones que podría estar ejerciendo impactos de similar magnitud que los encontrados en el presente estudio.
2. Realizar estudios mas específicos dentro la actividad agropecuaria, constituyendo estudios de seguimiento de la calidad de aguas residuales de Zamorano, enfocando análisis mas específicos de la descarga de desechos líquidos de la planta de industrias lácteas, debido a la importancia de sus volúmenes de aporte y contribución en las cargas contaminantes vertidas en la actualidad al sistema colector de aguas residuales de Zootecnia.
3. Realizar mas análisis de la calidad de los desechos líquidos incluyendo otras variables y ampliar el régimen de muestreos cubriendo otros procesos productivos.
4. Diseñar un sistema de tratamiento para el sistema de alcantarilla de Zootecnia, considerando que el mínimo volumen que debe tratar debe ser superior a los 91 m³/día con una carga promedio de DBO para su tratamiento de 18 kg/hora y con concentraciones de sólidos suspendidos que son cinco veces superiores a las normas para la descarga de desechos líquidos en cuerpos de agua superficial (100 mg/l). Considerando que existe mucha variabilidad en la dilución de los contaminantes en cada efluente y consecuentemente en la saturación de contaminantes del efluente, para lo cual se recomienda el implementar un tratamiento primario que regule y homogeneice los volúmenes y cargas vertidas, para optimizar la capacidad de tratamiento del sistema.

5. Realizar pruebas de tratabilidad de los distintos efluentes para determinar la adaptabilidad de microbiana a distintas condiciones de tratamiento para medir el nivel de biodegradabilidad de los desechos.

6. Realizar estudios de capacidad de infiltración de aguas abajo de la descarga y estudios de calidad de aguas subterráneas, con el fin de determinar el nivel de impacto de la descarga del sistema de alcantarillado de Zootecnia en la calidad de las aguas subterráneas y poder estimar de esta forma los niveles de riesgo potencial en la deriva de la contaminación propiciada por la actividad agropecuaria en otros cuerpos de agua (p.e. Laguna Titicaca).

7. Instalar medidores de consumo de agua en cada unidad de manejo y planta de procesamiento, con el fin de tener datos mas precisos de consumo de agua para poder estudiar y planificar la conservación del agua.

8. Realizar estudios que caractericen y midan los impactos de la generación de desechos sólidos de las actividades productivas de Zamorano.

9. Construir una trampa de grasas para la planta de industrias lácteas, con el fin de separar las grasas y reducir los inhibidores en la tratabilidad de los efluentes.

10. De acuerdo a las características de los procesos se deben considerar algunos criterios enfocados hacia un mejor aprovechamiento de los recursos existentes y minimización de los impactos de contaminación ambiental. Aspectos como la reducción de consumo de agua o eliminación del efluente para bajar la concentración de contaminantes, reutilización considerando la factibilidad física y económica de poder realizarla y finalmente la identificación de efluentes que se encuentren afectando la tratabilidad biológica de la descarga pueden servir como guía para un mejor rendimiento de los recursos.

*Los procesos que pueden modificarse para fines de consumo de agua son los producidos por los efluentes de lavado de algunas de las unidades de producción, pudiéndose lograr mediante la instalación de pistolas reguladores de salida en las mangueras, como también realizando mantenimientos periódicos de la ya instaladas.

*Los efluentes de enfriamiento, generadas en la planta de lácteos pueden reutilizarse, en consecuencia son necesarios estudios que analicen la factibilidad de realizar este tipo de trabajos.

*El mecanismo de escaldado, durante las actividades de sacrificio, producen rebalses que ocasionan el llenado de la máquina en varias ocasiones durante un mismo día de sacrificio, lo que ocasiona incrementos en los volúmenes de consumo en la planta, en consecuencia diseñar mejoras técnicas que optimicen el recurso agua durante los procesos reduciría los niveles de consumo de agua.

*Existen ciertos efluentes que pueden reducir la biodegradación, trabajar con estos en forma especial, separándolos de la descarga o reducir usos innecesarios de biocidas en los procesos de desinfección como también el cambio de algunos procesos de limpieza o el empleo de productos menos nocivos.

*Emplear detergentes biodegradables en las actividades de limpieza para reducir el impacto negativo en la tratabilidad de los efluentes.

11. Existe la posibilidad de una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, a través de los subproductos producidos, los cuales son necesarios de considerar como alternativas que proporcionen una maximización de los recursos existentes en cada una de las unidades agropecuarias contempladas en el estudio.

*En la *planta de industria cárnica y matadero de aves*, es factible el aprovechamiento tanto de las viseras como de la sangre de los animales sacrificados, mediante procesos de deshidratación entre otros, empleándolos posteriormente en la formulación de alimento para otras especies animales. Es también necesario realizar estudios que evalúen la

factibilidad de este tipo de aprovechamiento, contemplando los volúmenes de producción actual y los niveles de inversión tentativos a realizarse.

*En la *planta de industrias lácteas* se debe maximizar la utilización de los subproductos que pueden ser empleados como alimento de animales, como es el caso del suero, que es producido durante la producción de quesos y otros productos de la planta, debiendo ser almacenado en el caso de una acumulación si fuese necesario.

*A nivel de las unidades de manejo animal, *establo de ordeño*, *unidad de cabras* y *unidad vieja de cerdos* los volúmenes de producción de estiércol pueden aprovecharse de una forma mas intensiva, como nutriente orgánico que eleva la fertilidad de los suelos, proporcionando generalmente mayor capacidad de producción de la tierra. En el caso del estiércol de cerdos, éste puede emplearse para la fertilización de estanques de cría de peces.

12. Otro aspecto importante es lo referente a la educación ambiental que debe ser otro componente en la optimización de los recursos existentes, mediante campañas de minimización de consumo de agua y seminarios de formas eficientes de limpieza. Principios que se inician con la implementación de los talleres de educación ambiental destinado a trabajadores y estudiantes de Zamorano.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ACEITUNO, C. 1994. Ecología de los estanques; estratificación termal del agua. Notas del curso de acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. 1963. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho; incluyendo sedimentos bentales y lodos. Trad. por Pedro J. Caballero. 11 ed. México, D.F., Interamericana. p. 255 - 328.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 1992. Standard Methods; for the examination of water and wastewater. Ed. by Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri and Andrew D. Eaton. 18 ed. Washington, D.C., Victor graphics. 10-122 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1976. Manual de Aguas. Trad. por Hortensia Corona Rodriguez. 3 Ed. Mexico, D.F. Limusa. 125 p.
- ANDREOLI, C. 1993. Influencia de la agricultura en la calidad del agua. IN. FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. p. 1 - 122.
- ASHACT LTD. 1990. Información típica de tipos de industria. U.K., Lehmann. s.n. s.p.
- BALSIGER, L. 1994. Contaminación del río Choluteca por la ciudad de Tegucigalpa. Trad. por Chantal Agurcia, Jorge Agurcia y Laurent Balsiger. Tegucigalpa, Hond. s.n. 59 p.
- BARRERA, C. 1987. Guía de saneamiento básico Industrial. Ed. por Instituto Mexicano del Seguro Social. México, Lehmann. p. 144 - 259.
- BLAIR, M.A. 1994. Informe técnico final: primer borrador. Escuela Agrícola Panamericana. Ampliaciones y mejoras sistemas de recolección y depuración de aguas residuales. 44 p.
- BLAIR, M.A. 1994. Diseño final de obras. Escuela Agrícola Panamericana. Ampliaciones y mejoras sistemas de recolección y depuración de aguas residuales. 107 p.

- BOYD, C.E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Ed. by Auburn University. Alabama, EE.UU. s.n. 359 p.
- BURT, J. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. IN. FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. p. 1 - 122.
- CASTAGNINO, W.A. s.f. "Polución de agua; Modelos y control". Organización Panamericana de la Salud. CEPIS. Serie técnica, 20. Citado en Cubillos, 1988.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA. 1991. Normatividad intrainstitucional y programa inmediato para la aplicacion y recaudacion del derecho por uso o aprovechamiento de bienes del dominio publico de la nacion como cuerpos receptores de aguas residuales. México, Lehmann. s.n. p.irr.
- COTO, J.M. 1993. Contaminación del agua en Costa Rica por residuos del procesamiento de café y de la porcicultura. IN. FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. p. 1 -122.
- CRUZ DIAZ, M.; GARRIDO V, S.; HIDALGO G, R. 1989. Contaminación agraria difusa. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, Esp. Secretaría General Técnica MOPU. 98 p.
- CUBILLOS, J.A. 1970. "Lagunas de estabilización"; Su eficiencia en la remoción de materia orgánica y microorganismos en las condiciones del trópico. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Citado en Cubillos, 1988.
- CUBILLOS, J.A. 1978. "Características y clasificación de los desechos industriales". Anales de ingeniería (Colombia) 86(797). Citado en Cubillos, 1988.
- CUBILLOS, A.Z. 1982. Criterios para dimensionar lagunas de estabilización. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Ambiente y Recursos Naturales Renovables AR - 9. 86 p.
- CUBILLOS, A.Z. 1985. Lagunas de estabilización. 3 ed. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Ambiente y Recursos Naturales Renovables AR - 15. 43 p.
- CUBILLOS, A.Z. 1988. Calidad del agua y control de la polución. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Ambiente y Recursos Naturales Renovables AR - 14. 54 p.

- CHAPMAN, D. (Ed) 1992. Water Quality Assessments. London, England. Chapman & Hall. London, England. 51 p.
- CHEMECOLOGY. 1987. EPA report identifies room for further waste reduction. chemecology, Chemical Manufacturers Association. December 86-January 87. p. 4. Citado en Salas et al., 1988.
- DIA. "Primer informe del estudio integral del comportamiento dinámico de lagunas de estabilización de residuales líquidos industriales". 27 de Abril de 1979. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Caracas. Citado en Cubillos, 1988.
- DIAS MEJIA, P. 1993. Normas técnicas de otros países y estabilización de normas en Honduras. Ed. por Secretaría del Ambiente (SEDA). Tegucigalpa, Hond. s.n. p. irr.
- DIRECCION EJECUTIVA DEL CATASTRO; ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA. 1989. Estudio de suelos a semidetalle del Valle del Zamorano. Tegucigalpa, Hond., s.n. 108 p.
- EBDON, D. 1985. Statistics in geography. 2 ed. Oxford, U.K. Blackwell. 232 p.
- ECKENFELDER, W.W.; ORTIZ, E.; DOS, L. 1988. INCYTH. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. Serie 6. 88 p.
- EPA. 1992. National Water Quality Inventory, 1990 Report to Congress, EPA 503/9-92/006, Environmental Protection Agency (EPA), Office of Water, Washington DC 20460. Abril 1992. Citado en BURT, 1993.
- FAIR, G.M.; GEYER, J.C.; OKUN, D.A. 1989. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales: Purificación de aguas y remoción de aguas residuales. Trad. por Salvador Ayanegui J. y Armando Patiño Olivares. Ed. rev. México, DF. Limusa. 2v., p. 665 - 700.
- FAIR, G.M.; GEYER, J.C.; OKUN, D.A. 1990. Ingeniería sanitaria de aguas residuales: Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Trad. por Salvador Ayanegui J. y Armando Patiño Olivares. Ed. rev. México, DF. Limusa. 2v., 547 p.
- FAO. 1981. Contaminación de las aguas subterráneas: tecnología, economía y gestión. Trad. por Calvín García de Oteyza, Nieto, Porras y Reyes. Ed. por Instituto Geológico y Minero de España e Instituto Tecnológico de Massachusetts. Roma, Italia. s.n. 161 p.
- FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. p. 1 - 122.

- GONZALES, A. 1989. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Repoblaciones Forestales. MOPU. Madrid, España. p. 81 - 82.
- HEM J.D., 1972. Some aspects of chemical equilibrium in ground water. In: Ground Water Contamination. US Public Health Service Symposium. Ed by. Robert A. Taft. Sanitary Engr. Center, Report W61 - 5. Citado en FAO, 1981.
- LEE, M. 1994. Calidad de agua. Notas de clase del curso de Utilización de Recursos Naturales. El Zamorano, Hond. 9 p.
- LOEHR, R.C. 1977. Pollution control for agriculture. Academic Press. New York, EE.UU. Citado en Cubillos, 1988.
- MEXICO. COORDINACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO. 1982. Plan regidor para aguas residuales. México, DF. s.n. 181 p.
- GACETA ECOLOGICA. 1989. Normas técnicas ecológicas en los Estados Unidos Mexicanos. IN. DIAS MEJIA, P. 1993. Normas técnicas de otros países y estabilización de normas en Honduras. Ed. por Secretaría del Ambiente (SEDA). Tegucigalpa, Hond. s.n. p.irr.
- MONCADA, L. 1990. Informe Final del Servicio Social Realizado en el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).
- ORDOÑEZ, C.I.; BARAHONA, E.; ORDOÑEZ, J.A. 1992. Estudio de Residuos Industriales en Tegucigalpa. Tesis Dr. Tegucigalpa, Hond. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/UNAH. 193 p.
- ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS (HOND.); UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HONDURAS (HOND.). 1992. La Cuenca del Río Choluteca. Tegucigalpa, Hond. Zas. 131 p.
- PASCHOAL, A. 1983. O onus do modelo da agricultura industrial Revista Brasi. Técnol. Brasília V. 14(1):28-40. Citado en Andreoli, 1993.
- REPETTO, M. 1981. Toxicología fundamental. Editorial Científico Médica. Barcelona, España. Citado en Salas et al., 1988.
- RIVAS, G. 1967. "Tratamiento del agua residual". Vol. III. Biblioteca de la academia de ciencias físicas, matemáticas y naturales (Venezuela). Citado en Cubillos, 1988.

- SAGARDOI, J.A. 1993. Una visión global de la contaminación del agua para la agricultura. IN. FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. p. 1 - 122.
- SALAS, H.J.; LOBOS, J.E.; DOS, J.L.; FERNICOLA, N. DE. 1988. INCYTH. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. Serie 1. 27 p.
- THOMANN, R.V. 1988. INCYTH. Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. Serie 3. 65 p.
- THOMAS, A.; BALSIGER, L; DOMINGUEZ, R; HAYWARD, D; RAMOS, M. 1994. La caracterización y medición de desechos industriales. Ed. por ESA consultores. Tegucigalpa, Hond., s.n. 100 p.
- U.S. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. 1976. Register of toxic effects on chemical substance. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. In: WALLACE, M.J. Basic concepts of toxicology. Chem. Eng. News. April 1978. Citado en Salas et al., 1988.
- VENTURA N., M. 1993. Contaminación del agua subterránea en zonas rurales y su incidencia en la agricultura y la salud. IN. FAO. 1993. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Santiago, Chile. s.n. 385 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. 1982. Rapid assessment of sources of air, water, and land pollution. England, Lehamann. s.n. 113 p.
- YEVJEVICH. 1971. The structure of inputs and outputs of hydrologic systems. Water Resources Publications. Colorado State University. Citado en Thomann, 1988.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

LINEAS DE ACTUACION PARA LA PROTECCION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS FRENTE A LOS RESIDUOS ANIMALES (California State Water Resources Control Board)

Líneas de Actuación para la Protección de Aguas Superficiales

- i. Las instalaciones de estabulación de animales y terrenos adyacentes bajo el control del empresario tendrán capacidad de retención del drenaje superficial proveniente de áreas de almacenamiento de estiércol, así como de las aguas de lavado durante por lo menos una tormenta de 24 horas de duración, que produzca una precipitación cuya magnitud tenga la probabilidad de ocurrir una vez cada diez años.
- ii. Las áreas de almacenamiento de estiércol se protegerán de drenaje superficial, incluyendo el agua que escurre de superficies techadas.
- iii. Las instalaciones de estabulación de animales incluyendo los estanques de retención, se protegerán las avenidas que tengan una probabilidad de ser igualadas o excedidas una vez cada veinte años para instalaciones existentes y una vez cada cien para instalaciones nuevas.
- iv. Las aguas de lavado de animales y las aguas superficiales que drenan lugares de almacenamiento de estiércol, se aplicarán a tierras cosechadas, o se verterán a sistemas de tratamiento con el consentimiento de la junta regional del control de la calidad del agua.
- v. Se evitará que los animales estabulados penetren en aguas superficiales.
- vi. Las tierras que hayan recibido residuos animales se gestionarán de manera que la erosión y escorrentía sean mínimas. Las tierras de labor a las que se les haya aplicado estiércol para su fertilización deberán voltearse tan pronto acabe dicha aplicación.
- vii. Los residuos animales se manejarán adecuadamente para evitar molestias en áreas de almacenamiento.

Líneas de Actuación para la Protección de Aguas Subterráneas

- i. Las áreas de almacenamiento de estiércol se seleccionarán y acondicionarán para minimizar la percolación de las aguas.
- ii. Las instalaciones de estabulación de animales tendrán un adecuado drenaje superficial para evitar continuas acumulaciones de agua superficial en corrales y establos.
- iii. Por regla general no es necesario el uso de aislantes especiales en estanques de retención cuando éstos se encuentran construidos sobre margas arenosas o materiales del suelo de textura más fina.
- iv. La aplicación de estiércol y aguas residuales a tierras cosechadas será en proporciones tales que sean razonables de acuerdo con la cosecha, suelo, clima, situaciones locales, sistemas de gestión y tipo de estiércol.
- v. La sal en las raciones animales debería limitarse a la requerida para mantener la salud de los mismos y la producción óptima.

ANEXO 2

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE DESECHO PRODUCIDAS POR LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL AGROPECUARIA

Tipo de agua de desecho	Caudal m ³ tm prod. DBO ₅	Características de aguas de desecho						
				Sólidos suspendidos		Aceites y grasa		pH
		mg/l	kg/tm	mg/l	kg/tm	mg/l	tm	
Productos lácteos	0.08 a 20.33		0.02 a 57.2		0.06 a 11.6			4 a 12
Planta procesadora de carne	10.54		5.7		2.7			2.1
De aves de corral	14.17 a 1,832	370 a 620	8 a 8.7	120 a 296	5 a 6.3	170 a 230		
Huevos, procesados y ruptura	1,066 a 2.6	3,000 a 3,200	8.4 a 22.8	539 a 803				
Manejo de productos post-cosecha	3.66 a 10.27		3.2 a 18.1		0.5 a 15.9			
Desechos agrícolas		1,000 a 2,000		1,500 a 3,000				7.5 a 8.5

Fuente: (Barrera, 1987).

ANEXO 3

CARACTERISTICAS TIPICAS DE EFLUENTES AGROPECUARIOS RELACIONANDO LOS VOLUMENES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE AGUA

TIPO DE INDUSTRIA	UNIDAD DE PRODUCCION	CON SUMO DE AGUA			CARACTERISTICAS DEL EFLUENTE				
		Procesamiento y enfriamiento (m ³)	Doméstico (m ³)	Total (m ³)	Flujo (m ³)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	SS (mg/l)	Aceites y grasa (mg/l)
Mataderos (Ganado vacuno, cerdos, corderos)	1 tonelada (inglesa)	6.4	1.6	8	6	2,250	1,500	750	500
Procesamiento y empacado de carne	1 tonelada (inglesa)	10.7	2.6	13	10	1,500	1,000	500	250
Matanza y procesamiento de aves de corral	1,000 aves	31	5	36	30	650	400	300	150
Pasteurización y envasado de leche	1 tonelada (inglesa)	2.8	1.2	4.0	2.5	1,200	750	400	150
Otros productos lácteos	1 tonelada (inglesa)	13.8	6.2	20.0	12.5	800	500	200	100

Fuente: (ASHACT, 1990).

ANEXO 4

PARAMETROS QUE DEBEN CONTROLARSE EN LOS EFLUENTES INDUSTRIALES

Industria	Parámetros por controlar
Enlatados, frutas y vegetales preservados	DBO sólidos totales en suspensión. Coliformes fecales, pH.
Químicos inorgánicos	Sólidos totales en suspensión, pH Amoníaco. Demanda química de oxígeno. Metales pesados, fluoruros, azufre, sulfitos, sulfuros, cianuros, carbón orgánico total, amonio.
Hierro y acero	Sólidos totales en suspensión, pH Cianuros, fenoles, amonio, metales pesados, sulfitos, fluoruros, nitratos, manganeso.
Limpieza de metal	Metales pesados, sólidos en suspensión pH, cianuro, fluoruros, fósforo.
Químicos orgánicos	DBO, sólidos en suspensión, pH fenoles, cianuros, metales pesados.
Refinerías de petróleo	DBO, DQO, sólidos en suspensión, pH Fenoles, amonio, sulfuros, cromo.
Plásticos y sintéticos	DBO, DQO, sólidos en suspensión, pH, metales pesados, fenoles.
Pulpa y papel	DBO, sólidos en suspensión, pH, color.
Central termoeléctrica	Sólidos en suspensión, pH. Bifenoles policlorinados, cloro. Metales pesados, calor.
Textiles	DBO, DQO, coliformes fecales, pH, fenoles, sulfuros, cromo, color.

Fuente: (EPA, 1992).

ANEXO 5

NORMAS RECOMENDADAS PARA LA DESCARGA DE DESECHOS LIQUIDOS

NORMAS TECNICAS ECOLOGICAS EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

1. Determinación de contaminantes en las cargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de matanza de animales y empaqueo de cárnicos.

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	promedio diario	instantáneo
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	75	90
Sólidos sedimentables (mg/l)	1	1.2
Sólidos suspendidos (mg/l)	125	137.5
Grasas y aceites (mg/l)	10	12

Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en las condiciones particulares de descarga los siguientes:

Nitrógeno

Color

Turbiedad

Fósforo

Sólidos disueltos

2. Descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES	
	promedio diario	instantáneo
pH (unidades de pH)	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	100	120
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	100	120

Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en las condiciones particulares de descarga, los siguientes:

Temperatura	Turbiedad
Fósforo	Nitrógeno

Fuente: (Gaceta Ecológica, 1989)

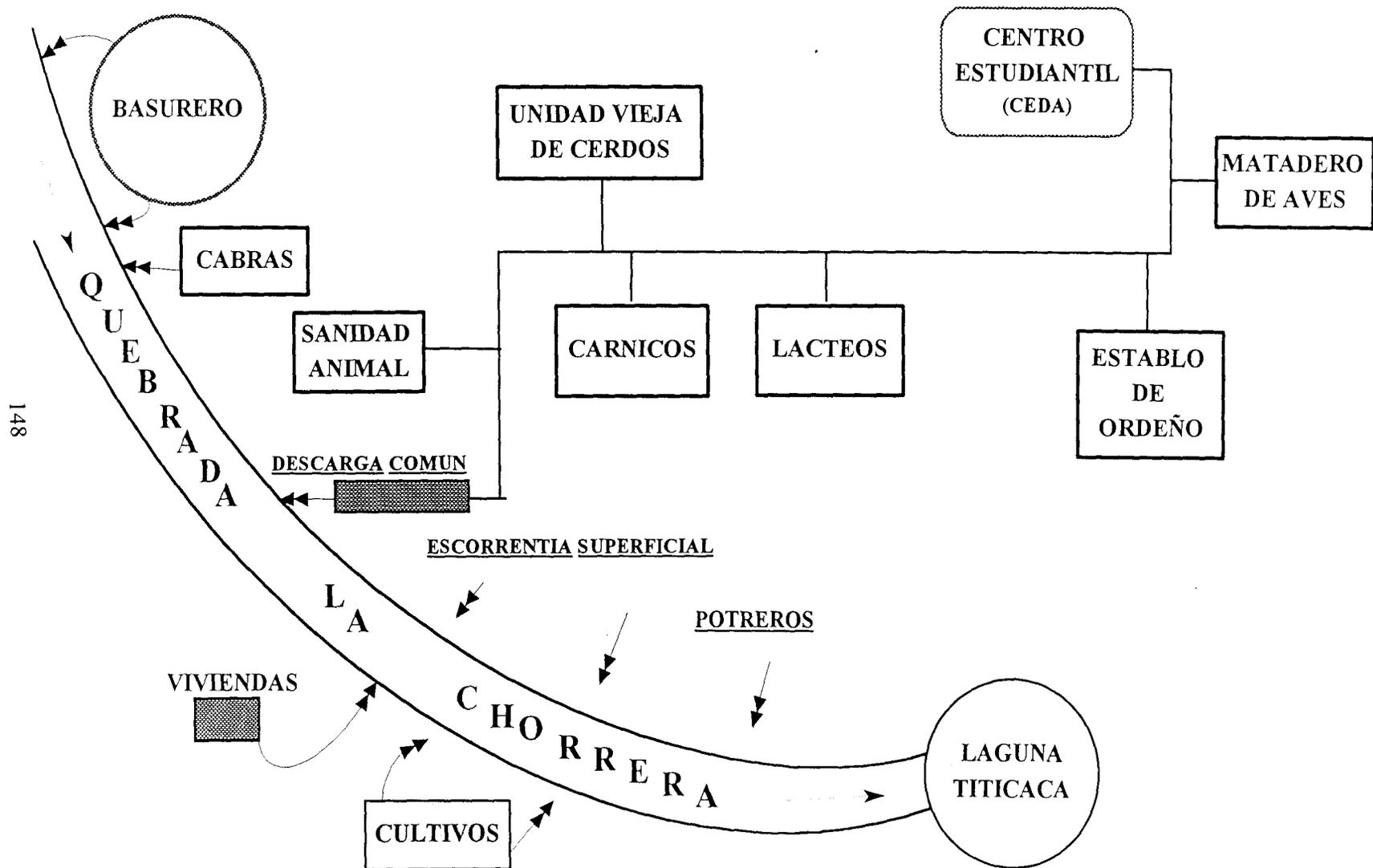
NORMAS PROPUESTAS PARA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES EN UNA CORRIENTE DE AGUA

Parámetro	Normas Propuestas (no mayores a)
pH	6 - 9
Temperatura	43 grados centígrados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	50 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	200 mg/l
Sólidos Suspendidos	100 mg/l
Material Flotante/Espuma	Ausente
Grasa y Aceite	10 mg/l
Cianuro	0.5 mg/l (incluyendo compuestos de los cuales el cianuro de hidrógeno es liberado en acidificación.
Fenoles	0.5 mg/l
Sulfuro	0.2 mg/l

Fuente: (ESA consultores, 1994).

ANEXO 6

ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES IMPACTOS EN LA QUEBRADA "LA CHORRERA"



ANEXO 7

RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS

1. Preparación del material

A. Material de protección:

- guantes
- botas
- mascarillas
- detergente
- alcohol
- algodón

B. Material para muestreo:

- nevera
- botellas etiquetadas para cada hora de muestreo, y tres adicionales
- hielo
- tabla
- hojas de muestreo
- lápiz
- marcador

C. Material para medir el caudal:

- regla
- balde/drón si es necesario
- cronómetro

2. Toma de las muestras

- Colocarse la mascarilla y gafas si es necesario.
- Colocarse los guantes y después las botas.
- Sacar la botella de la nevera e irse al lugar muestreo.
- Abrir la botella, lavarla tres veces, botando cada vez el agua mas abajo del efluente.
- Tomar la muestra, cuidándose de que la botella este completamente en el agua, y si es posible a un tercio a la profundidad del efluente.
- Cerrar la botella.

- Limpiar la botella con algodón embebido de alcohol.
- Colocar la botella en la nevera.
- Limpiar los guantes en un balde con detergente.
- Limpiar los guantes con algodón embebido de alcohol.
- Sacarse los guantes sin tocarlos con las manos.

3. Medir el caudal

El caudal se mide con un balde o un drón, tomando el tiempo necesario para llenar el recipiente.

4. Limpieza de los frascos

- Enjuagado solo con agua.
- Lavar con jabón líquido libre de fosfatos.
- Enjuagar con mucha agua.
- Desinfección con ácido nítrico al 10%.

5. Puntos importantes

- Comida y bebida: desinfectarse las manos antes de ingerir alimentos y bebidas.
- No colocar alimentos o bebidas dentro de la nevera.
- No dejar basura en los lugares de muestreo.
- Cambiar de ropa al finalizar el muestreo.

Fuente: (ESA consultores, 1994).

ANEXO 8

FRECUENCIA Y NUMEROS DE OBSERVACIONES DE ACUERDO A LOS TIPOS DE MUESTREO REALIZADOS

- Muestras simples

Unidades	Horas bajo producción muesteadas	# de muestras/día	Frecuencia de muestreos
Planta de Lácteos	6:30 - 10:30	9	30 min.
Planta de Cárnicos	6:30 - 10:30	9	30 min.
Establo de Ordeño	5:30 - 9:00	8	30 min.
Rastro de Aves	6:30 - 10:30	9	30 min.
Unidad Vieja de Cerdos	6:30 - 10:30	9	30 min.
Unidad de Cabras	5:30 - 9:00	8	30 min.

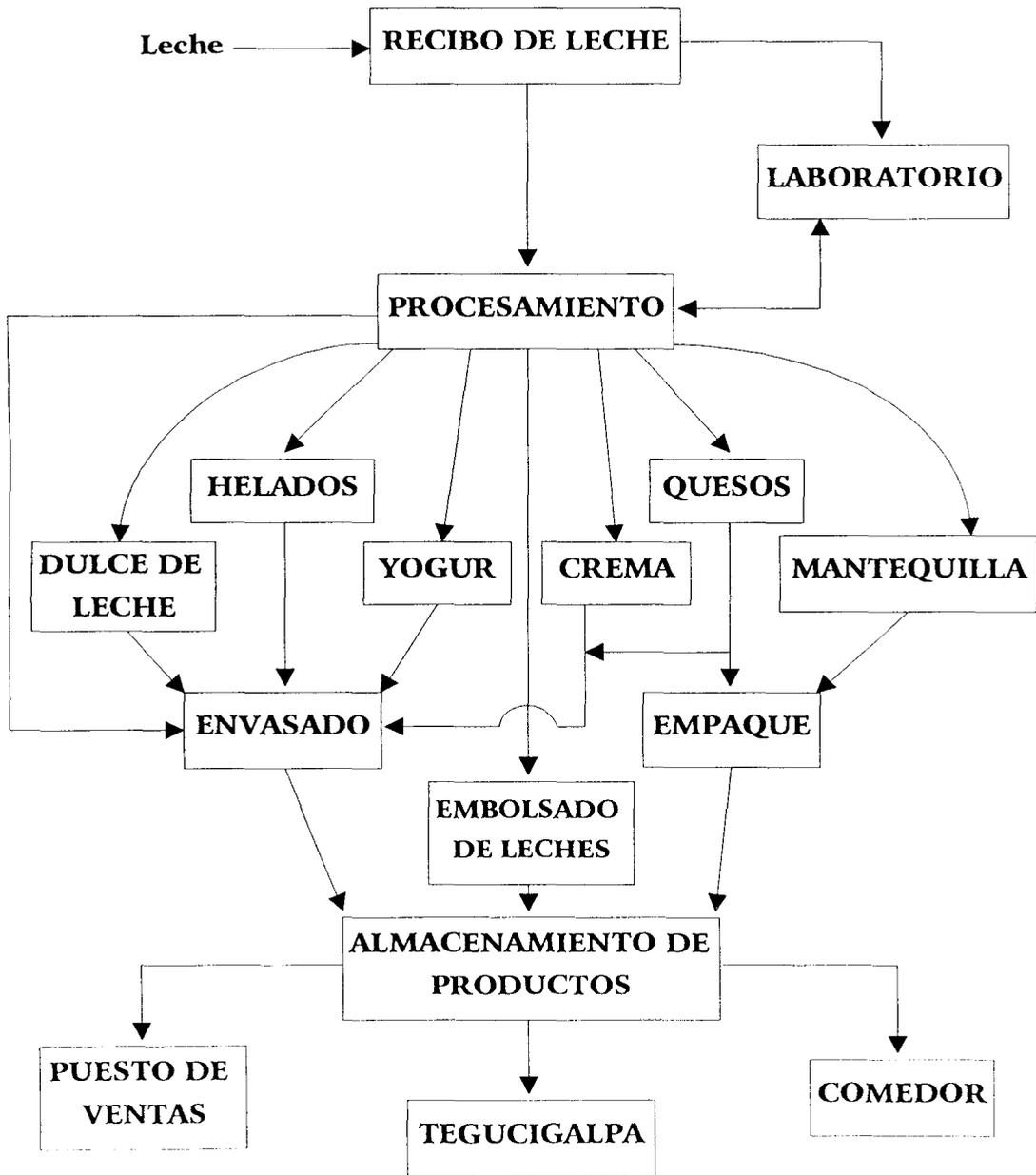
- Muestras Compuestas

Unidades	Horas bajo producción muesteadas	# de muestras/día (simples)	# muestras proporcionales (compuesta)	Frecuencia de muestreos
Planta de Lácteos	6:30 am - 2:30 pm	32	1	15 min.
Planta de Cárnicos	6:30 am - 2:30 pm	32	1	15 min.
Establo de Ordeño	5:30 am - 11:00 am	22	1	15 min.
Rastro de Aves	6:30 am - 2:30 pm	32	1	15 min.
Unidad Vieja de Cerdos	6:30 am - 10:30 am	16	1	15 min.
Unidad de Cabras	5:30 am - 9:00 am	12	1	15 min.

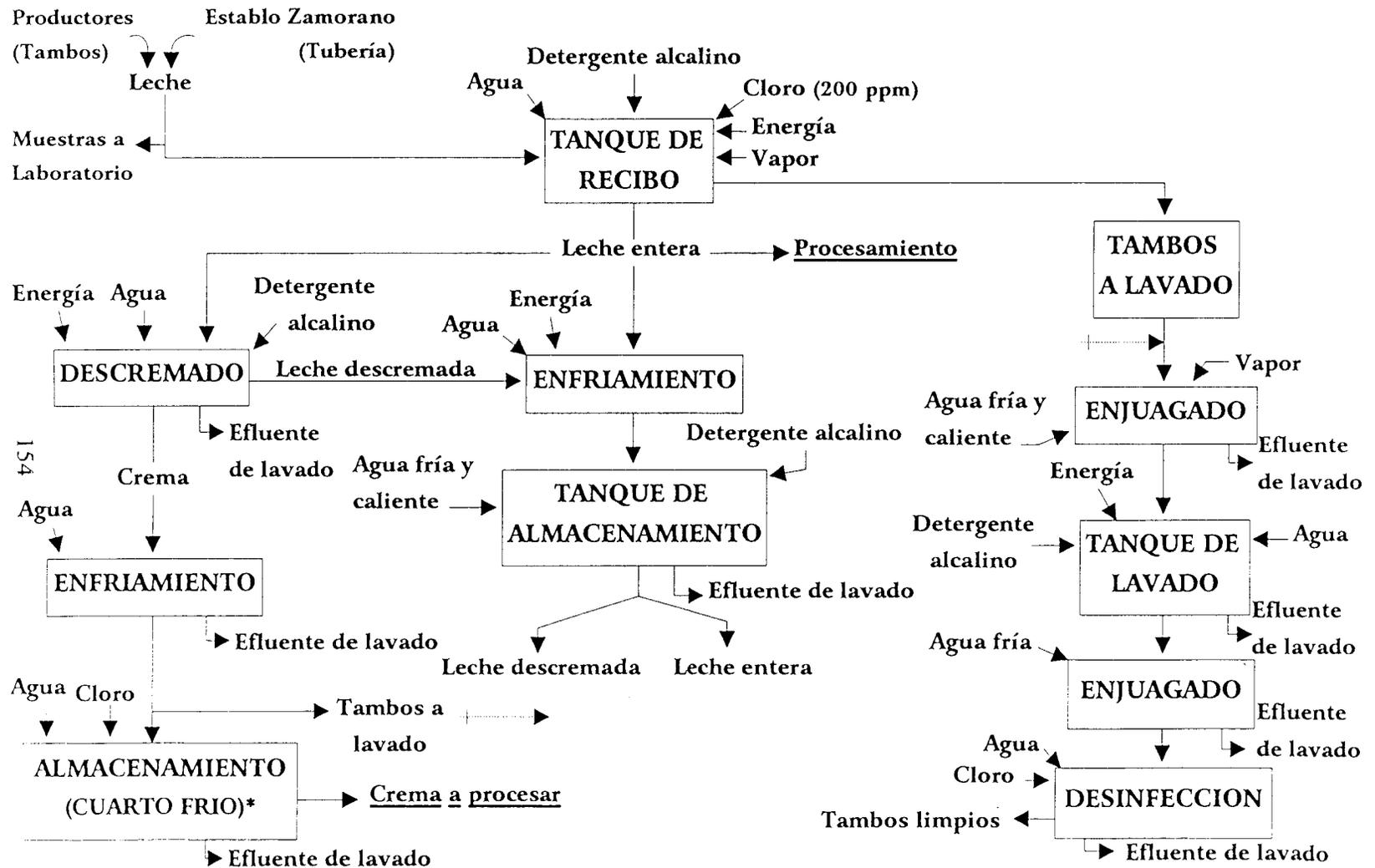
ANEXO 9

PROCESOS DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS LACTEAS

PLANTA DE INDUSTRIAS LACTEAS

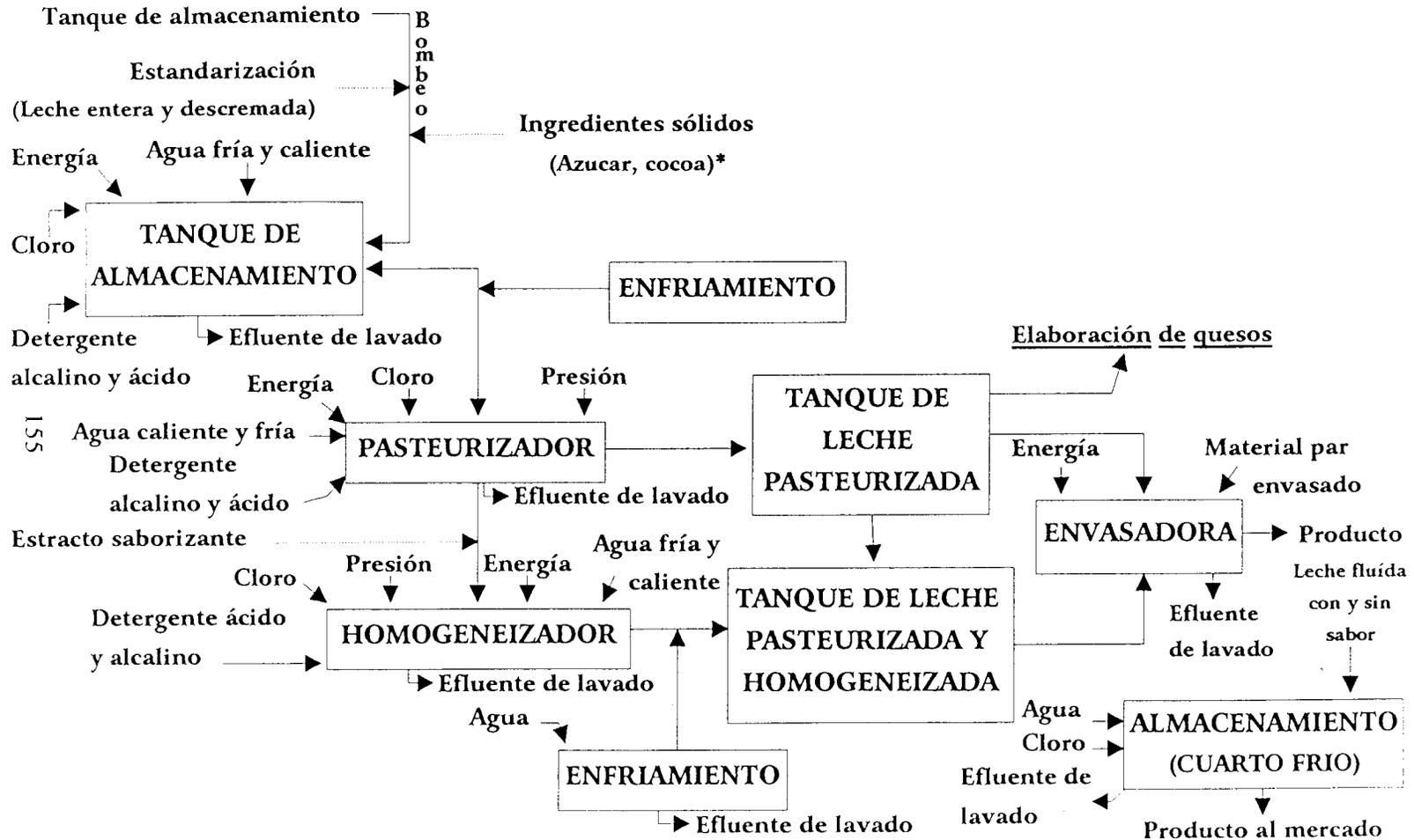


SECCION DE RECIBO DE LECHE



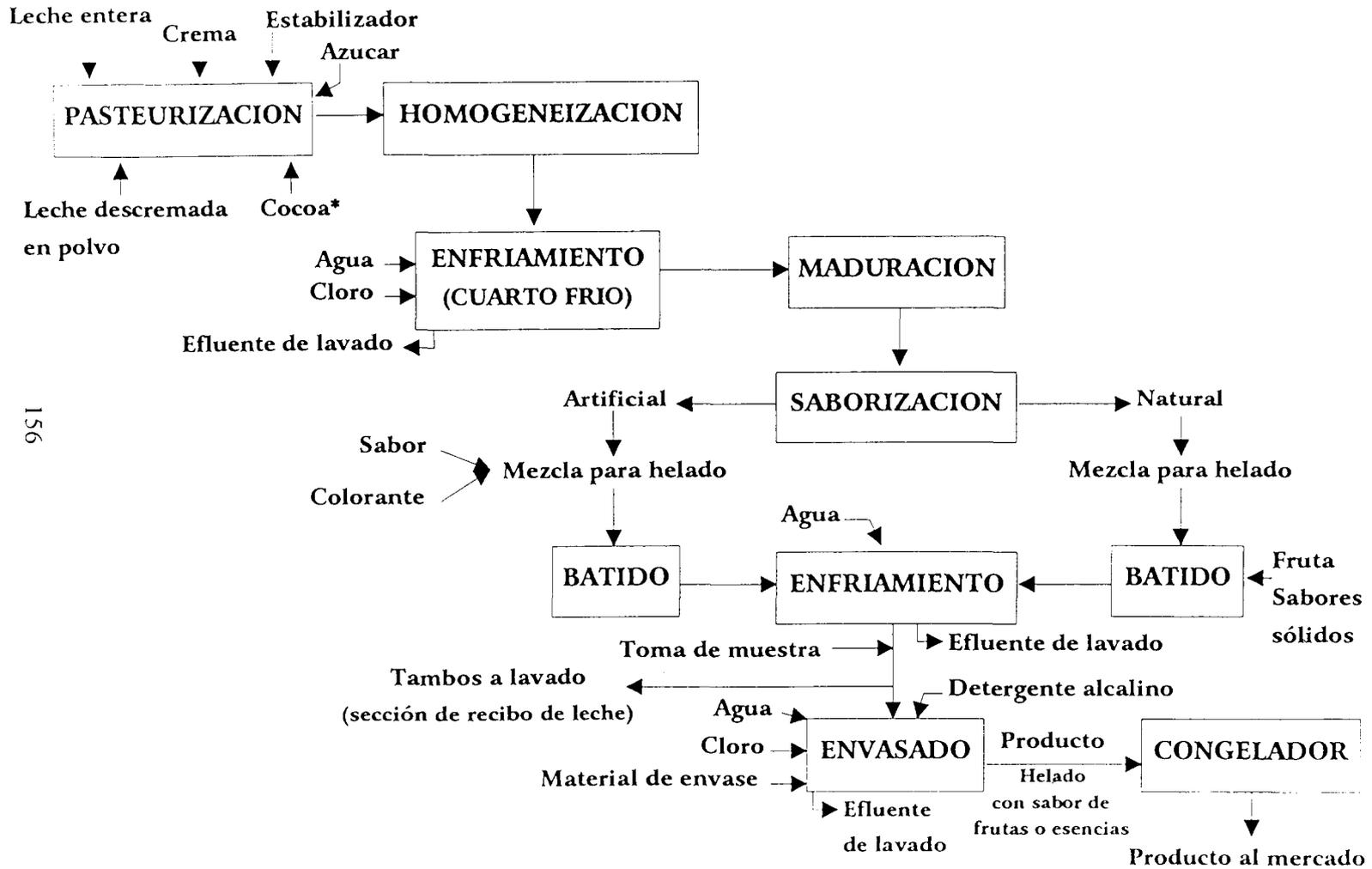
(*) El lavado de los cuartos fríos de la planta, es realizado con detergente alcalino y desinfectado con cloro.

SECCION DE PROCESAMIENTO LECHE FLUIDA



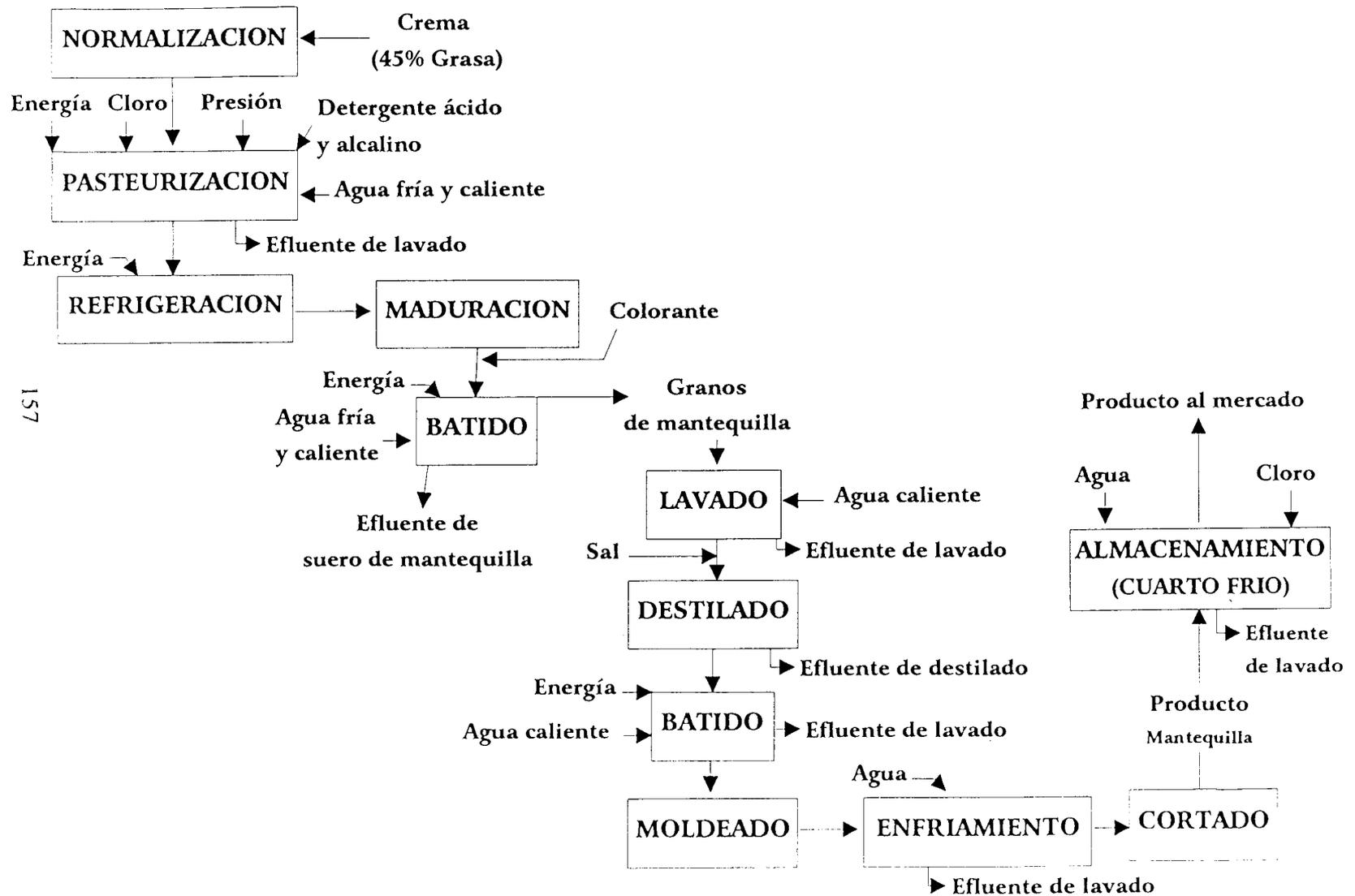
(*) Los ingredientes sólidos y el extracto saborizante son utilizados para elaborar leche con sabor.

SECCION DE ELABORACION DE HELADOS

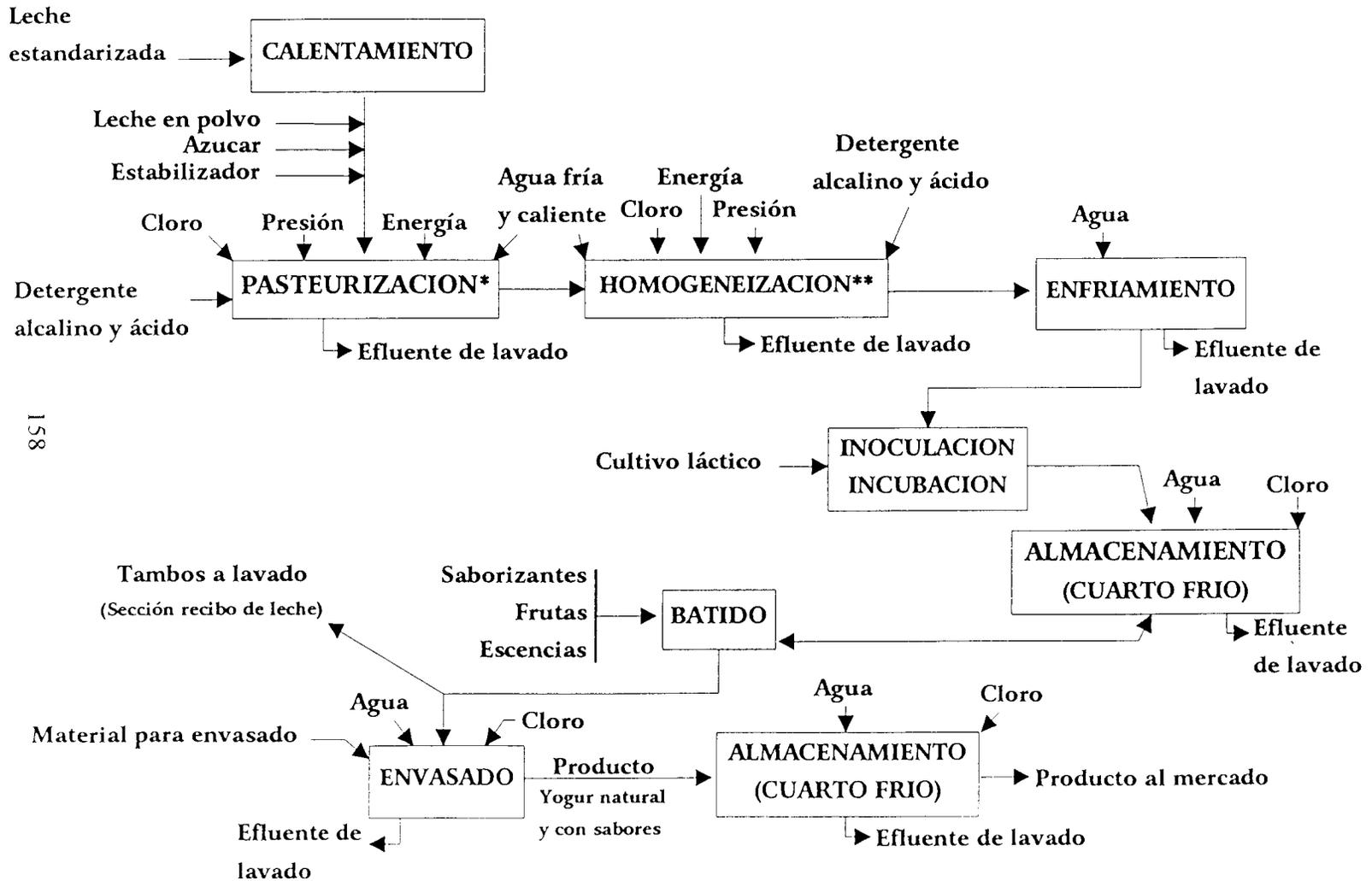


(*) Solo se utiliza para elaborar helado con sabor a chocolate.

SECCION DE ELABORACION DE MANTEQUILLA



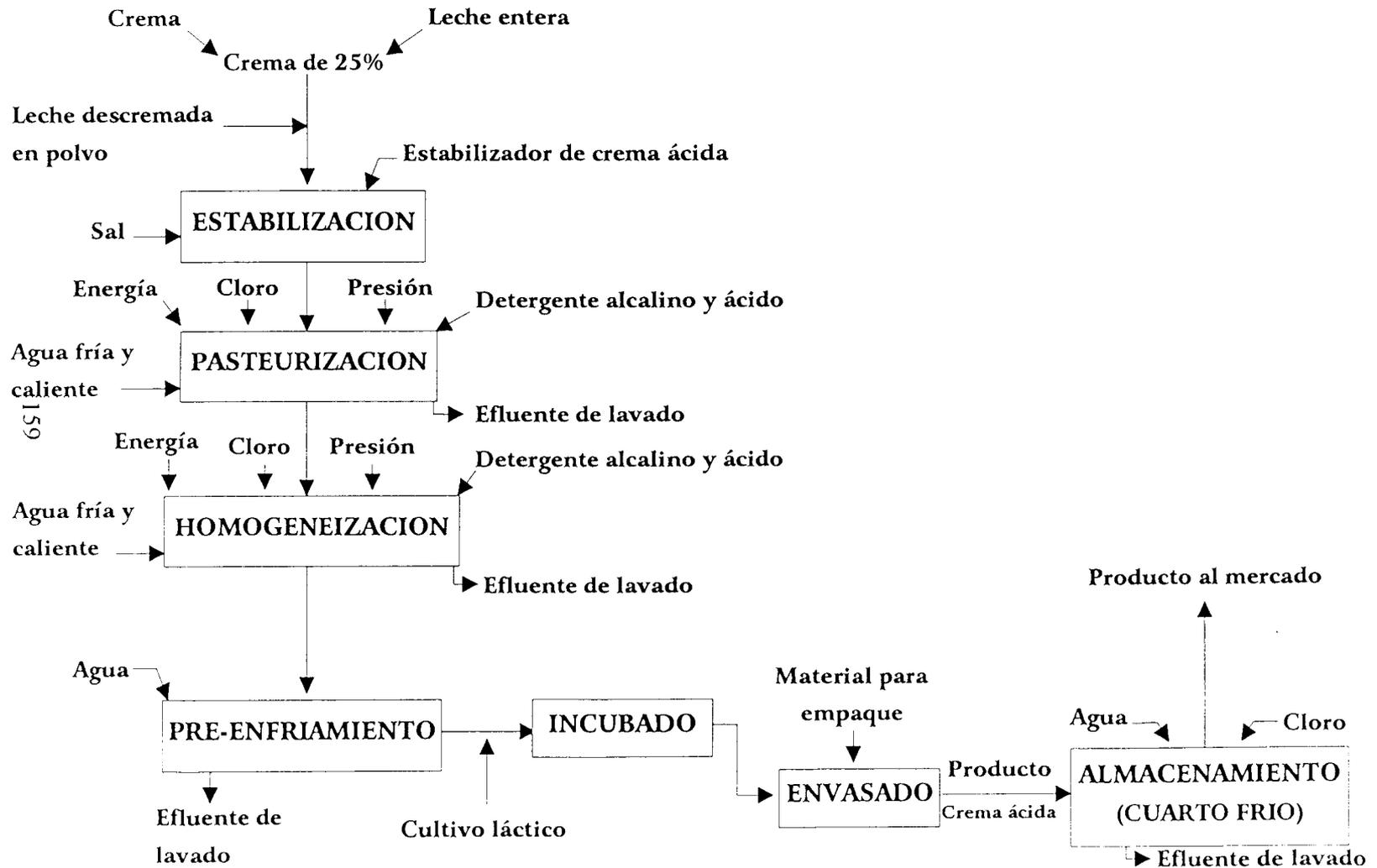
SECCION DE ELABORACION DE YOGUR



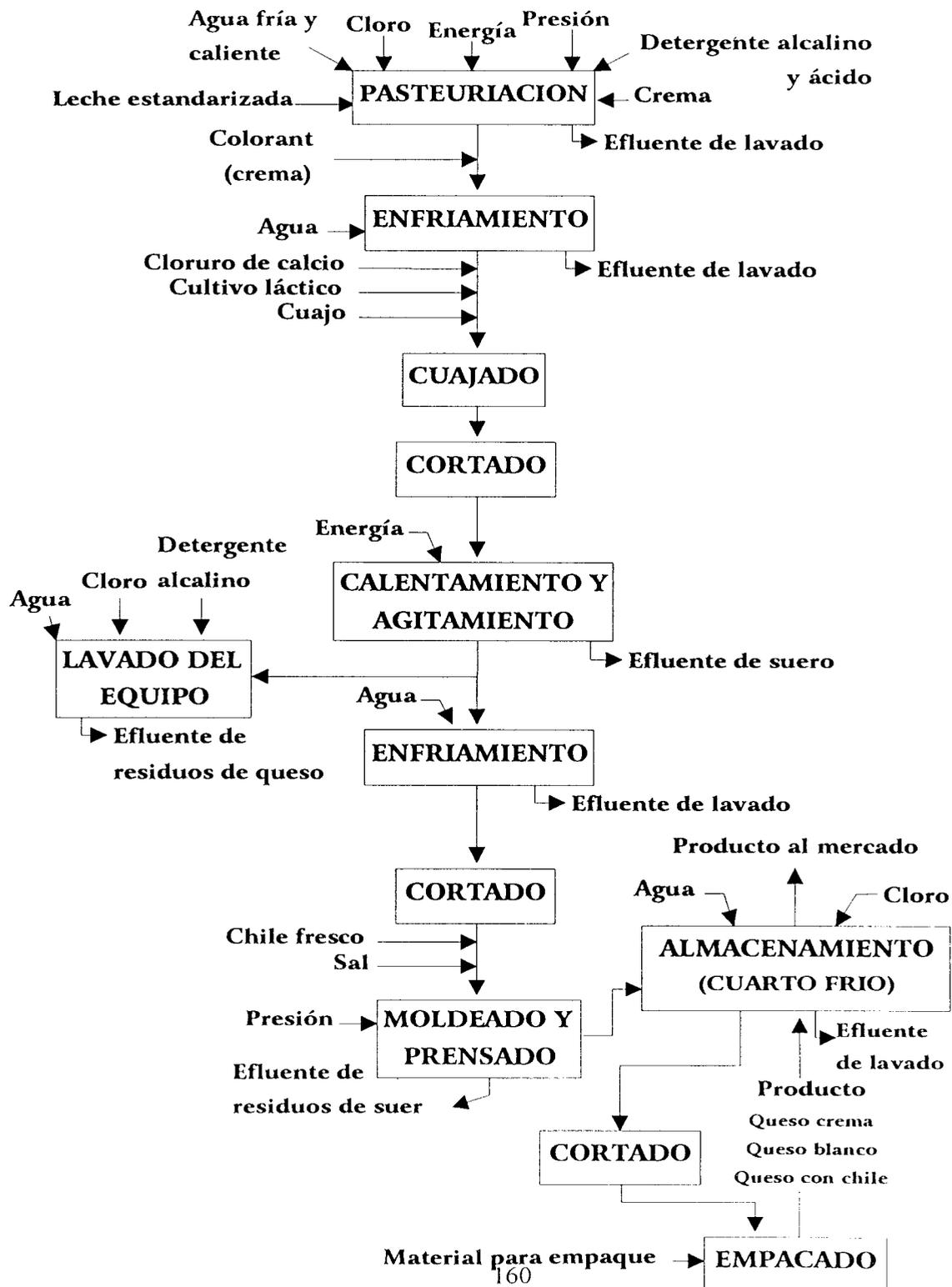
158

(*) (**) Procesos descritos en la sección de procesamiento de leche fluída.

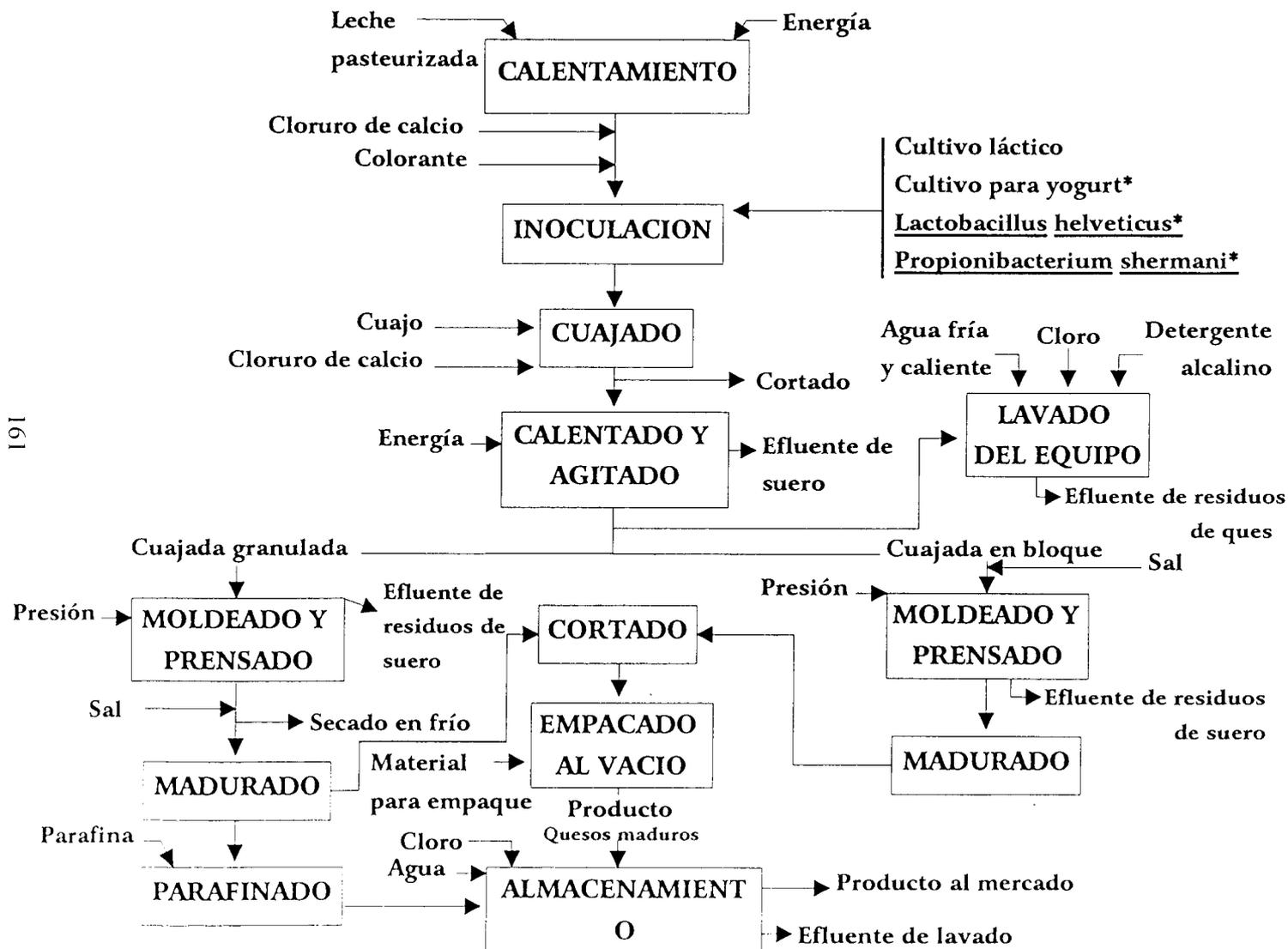
SECCION DE ELABORACION DE CREMA ACIDA



SECCION DE QUESOS (QUESOS FRESCOS)



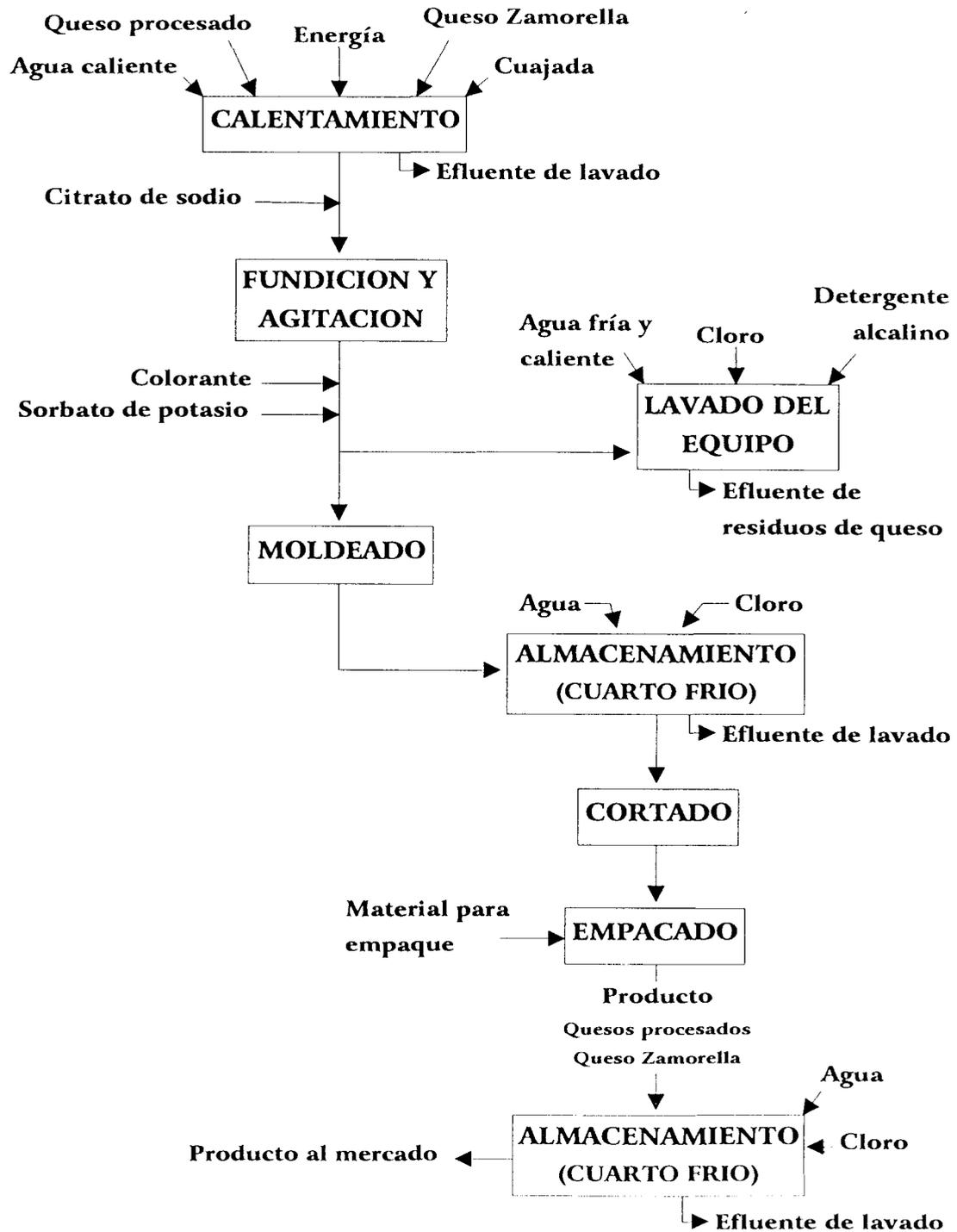
SECCION DE QUESOS (QUESOS MADUROS)



161

(*) Según el tipo de queso.

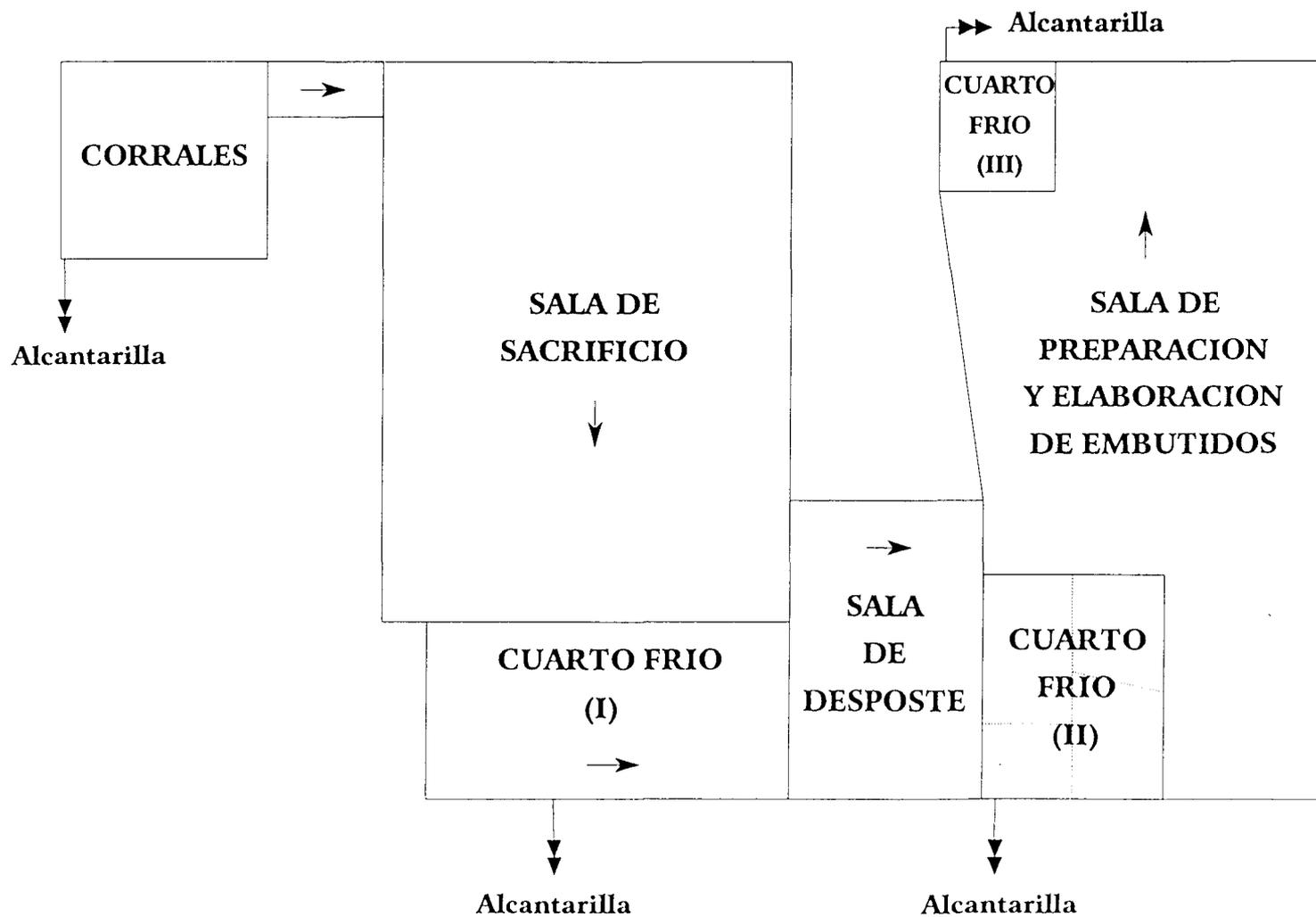
SECCION DE QUESOS (PROCESADOS)



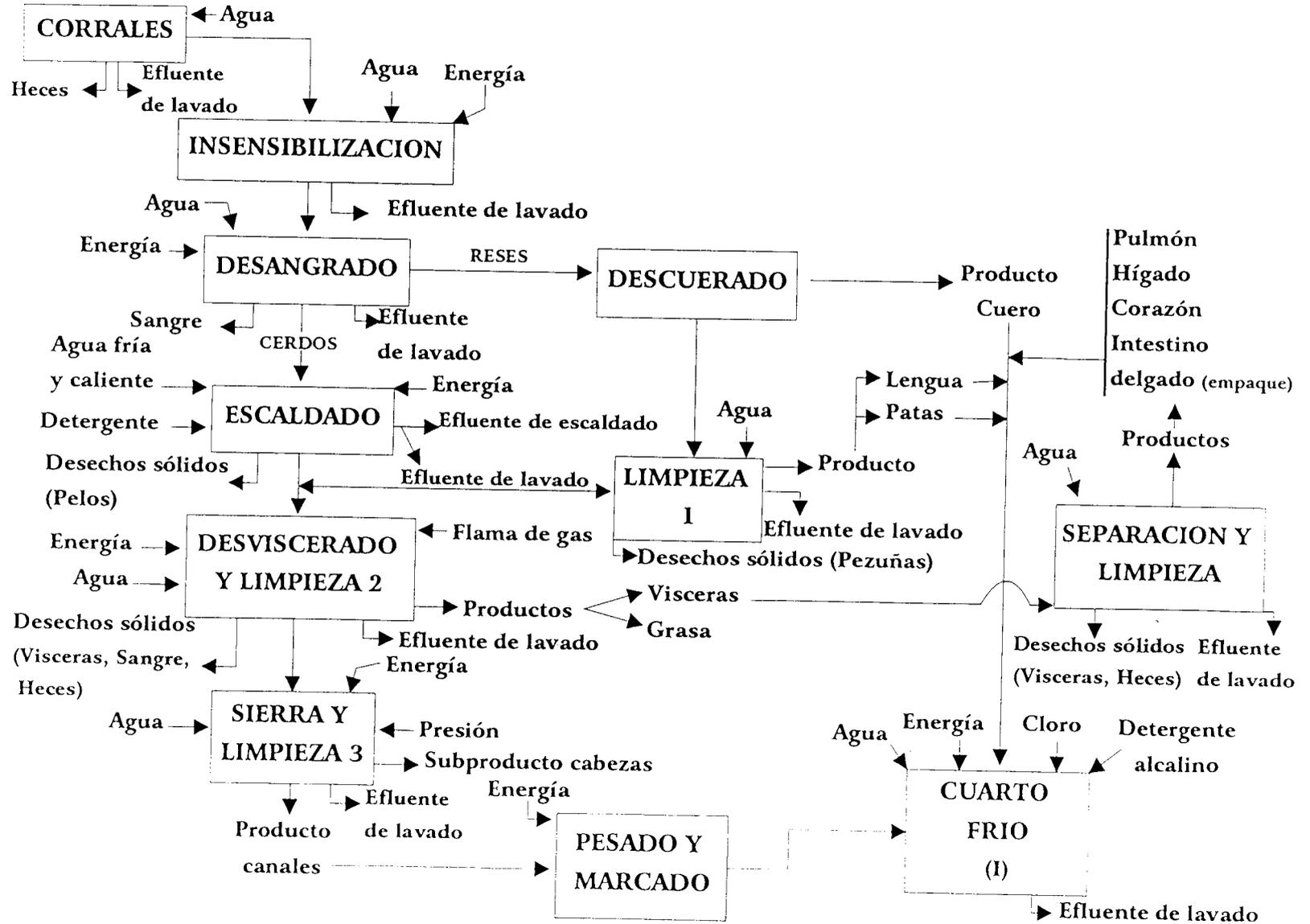
ANEXO 10

PROCESOS DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE INDUSTRIAS CARNICAS

**PLANTA DE INDUSTRIAS CARNICAS
(DIAGRAMA DE SECCIONES)**

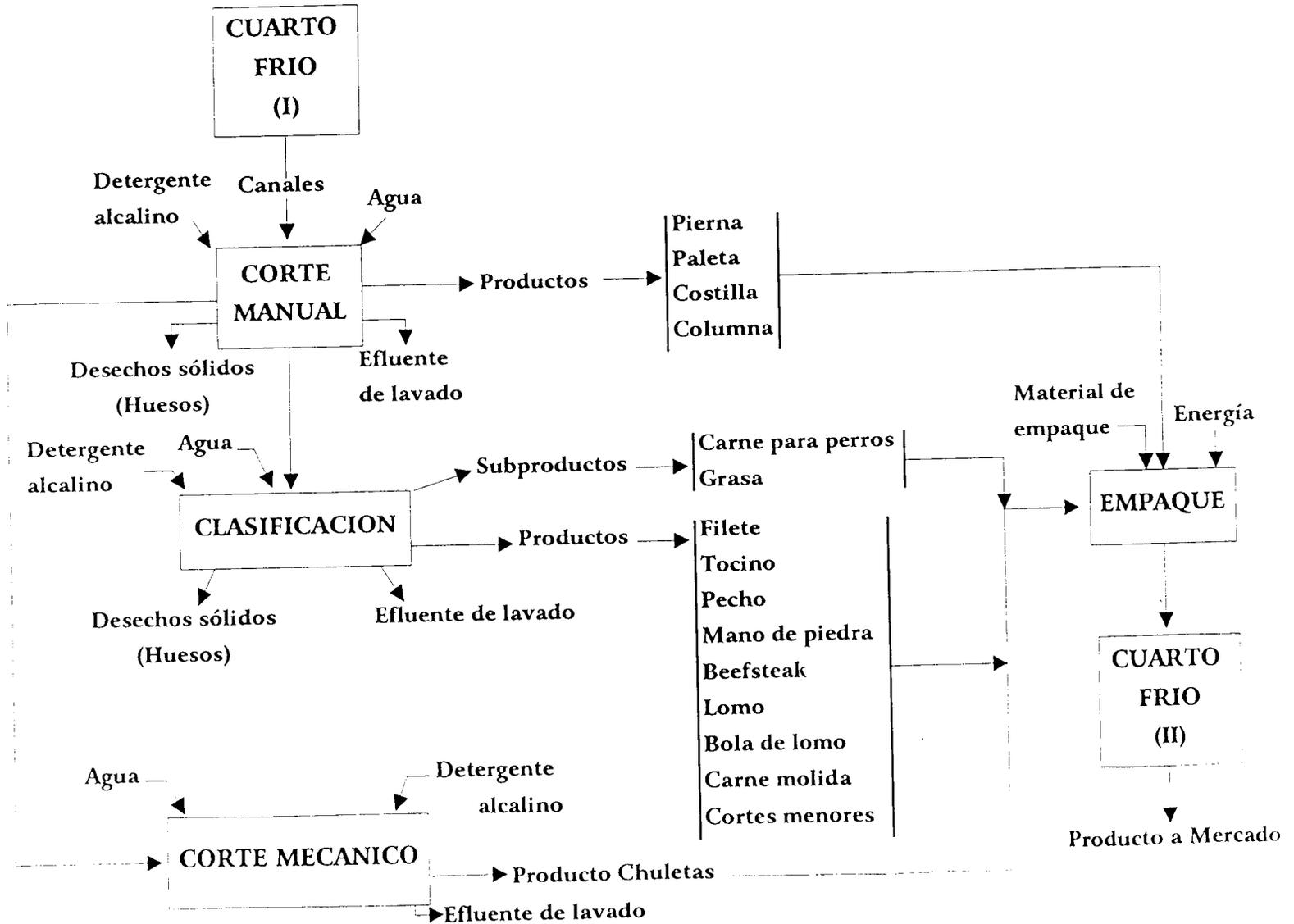


SALA DE SACRIFICIO

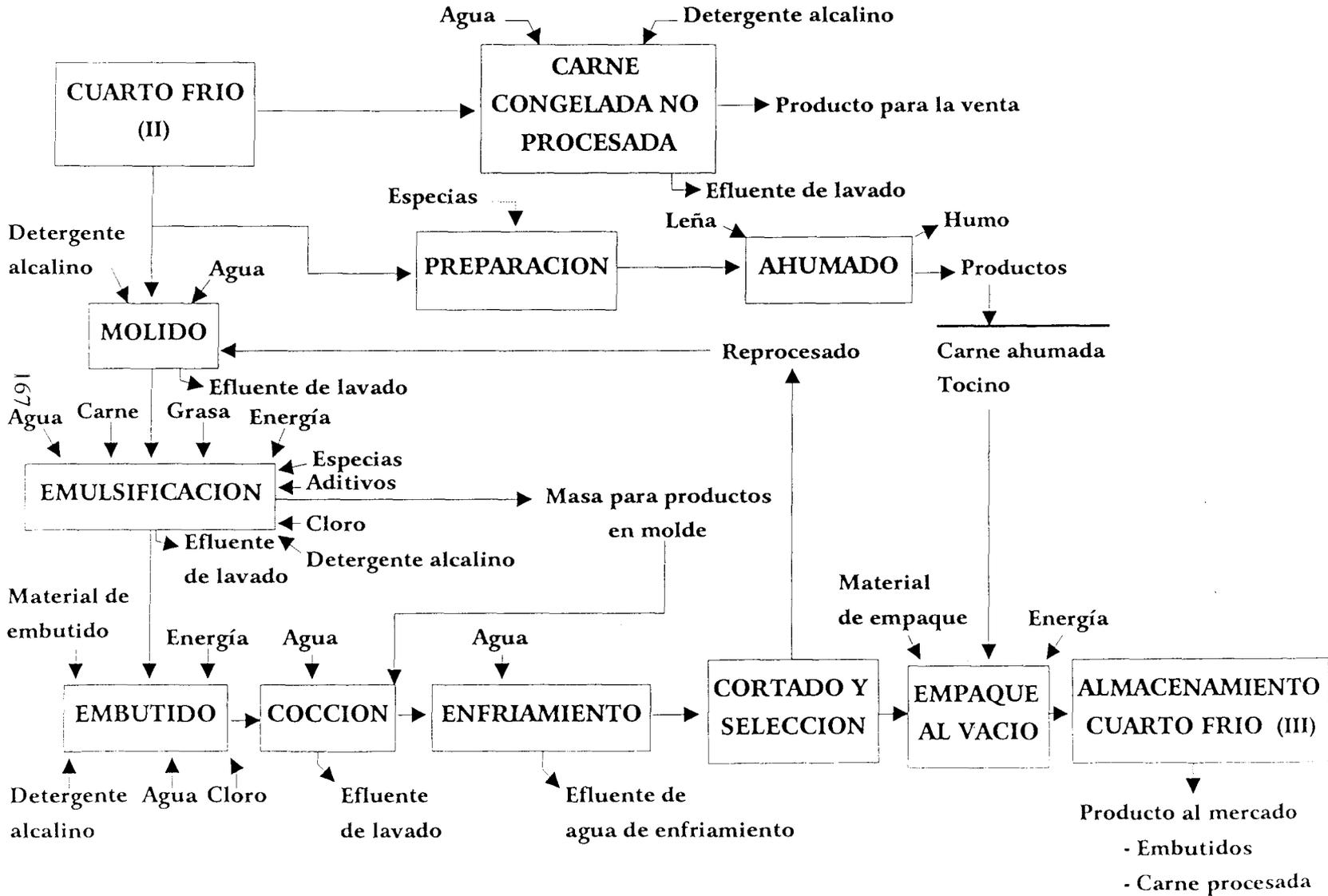


SALA DE DESPOSTE

166



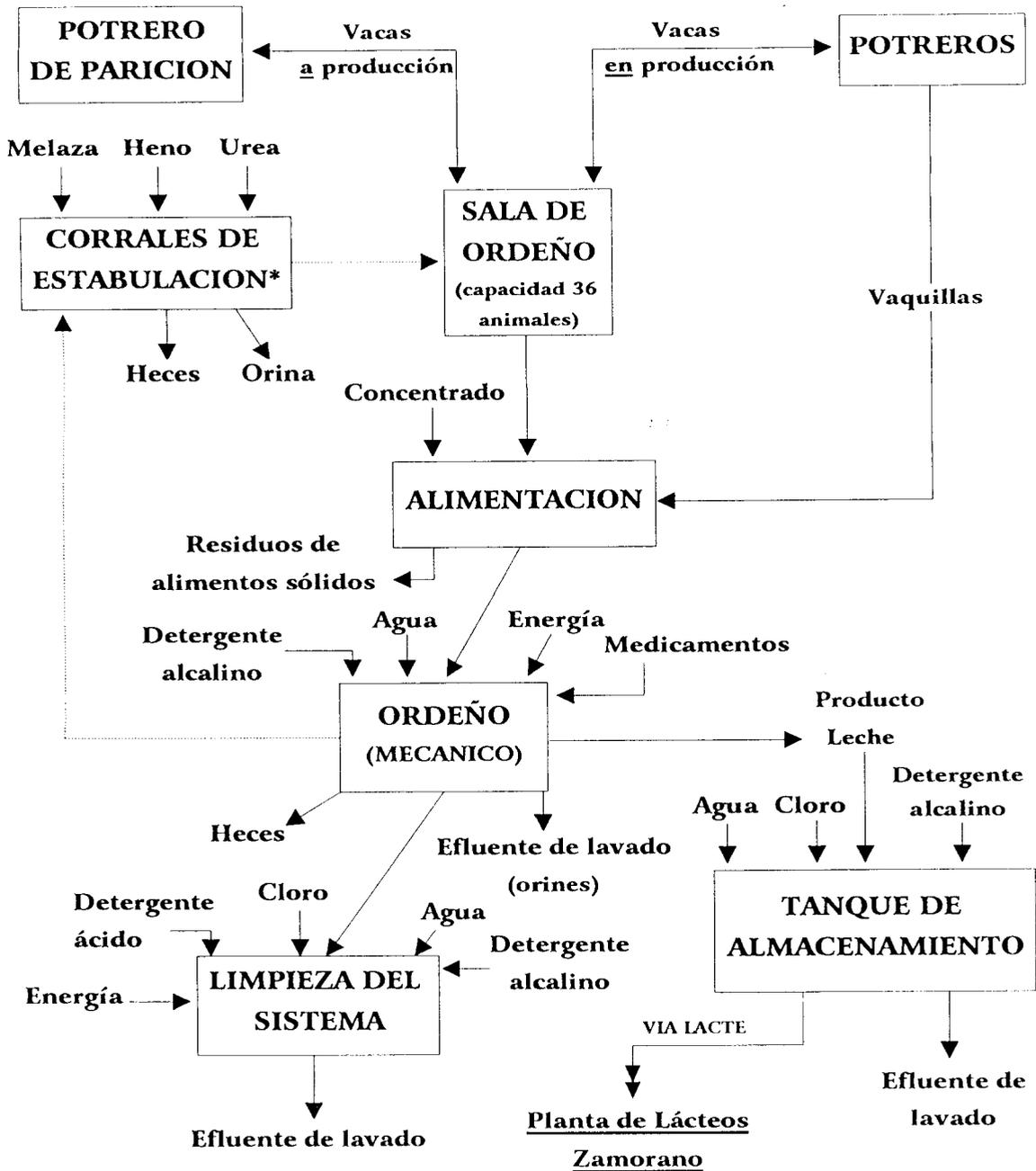
SALA DE PREPARACION Y ELABORACION DE EMBUTIDOS



ANEXO 11

PROCESOS DE PRODUCCION DEL ESTABLO DE ORDENÓ

ESTABLO DE ORDEÑO

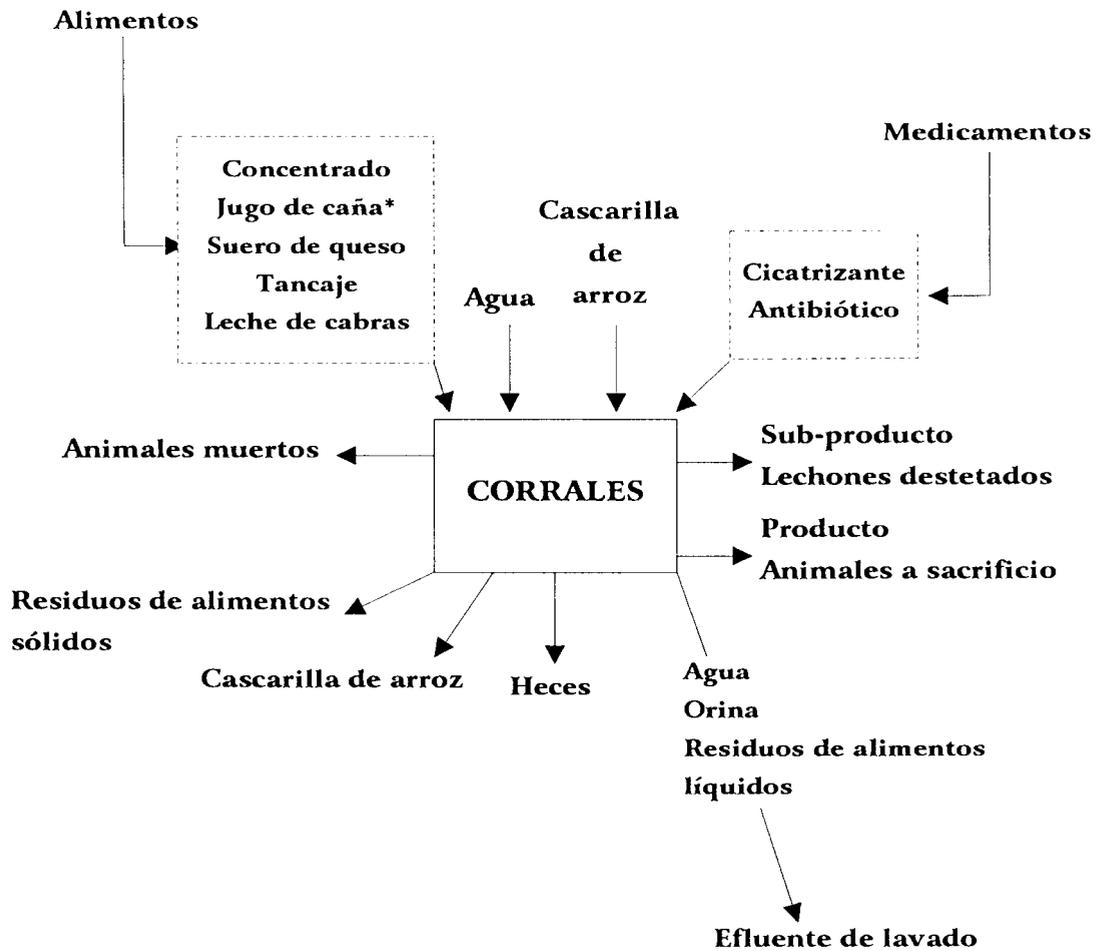


(*) En época seca el ganado permanece estabulado y es alimentado en los corrales de estabulación.

ANEXO 12

PROCESOS DE PRODUCCION DE LA UNIDAD VIEJA DE CERDOS

UNIDAD VIEJA DE CERDOS

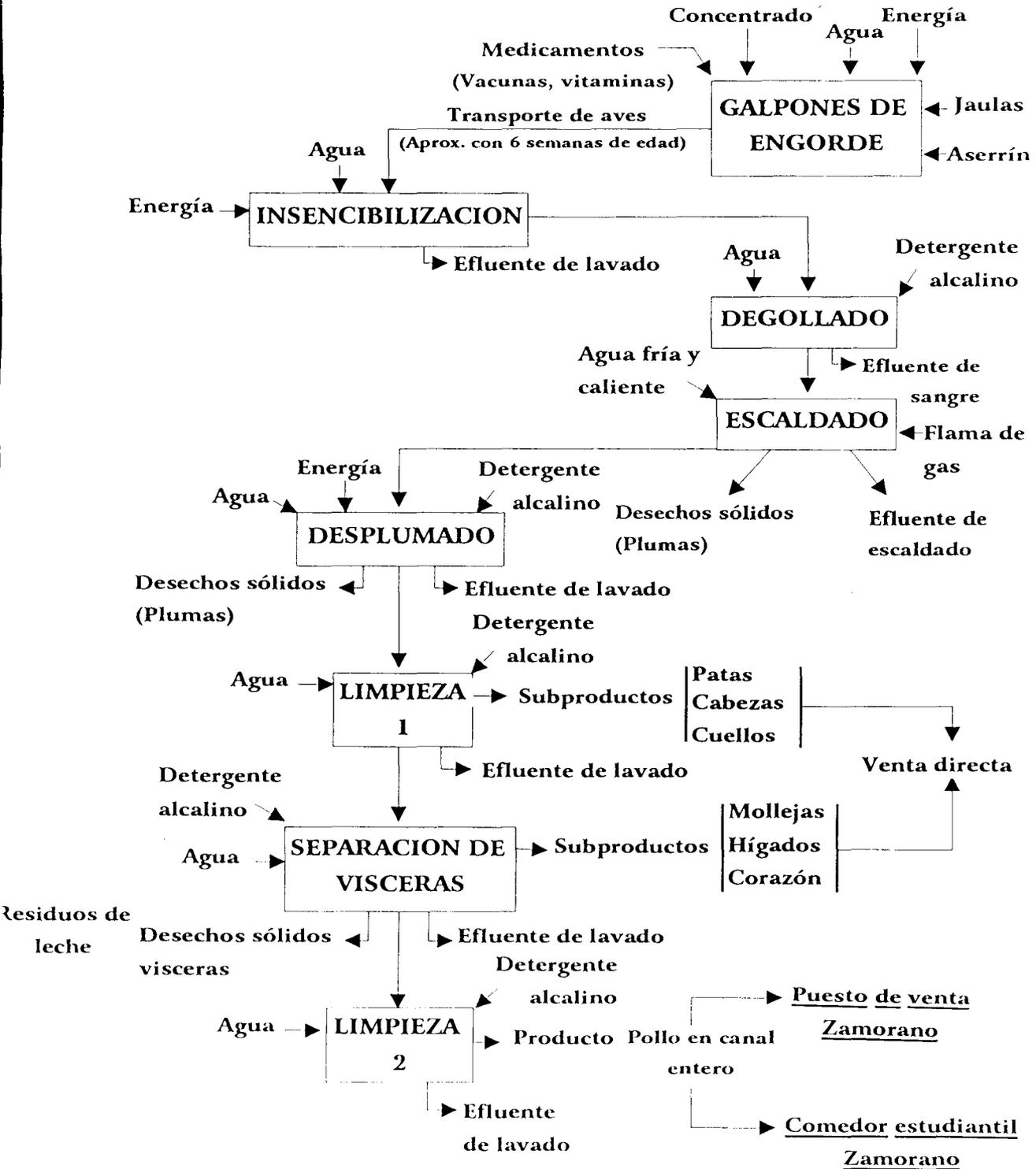


(*) El jugo es extraído mediante el molido de caña y es directamente almacenado en un tanque colector.

ANEXO 13

PROCESOS DE PRODUCCION DEL MATADERO DE AVES

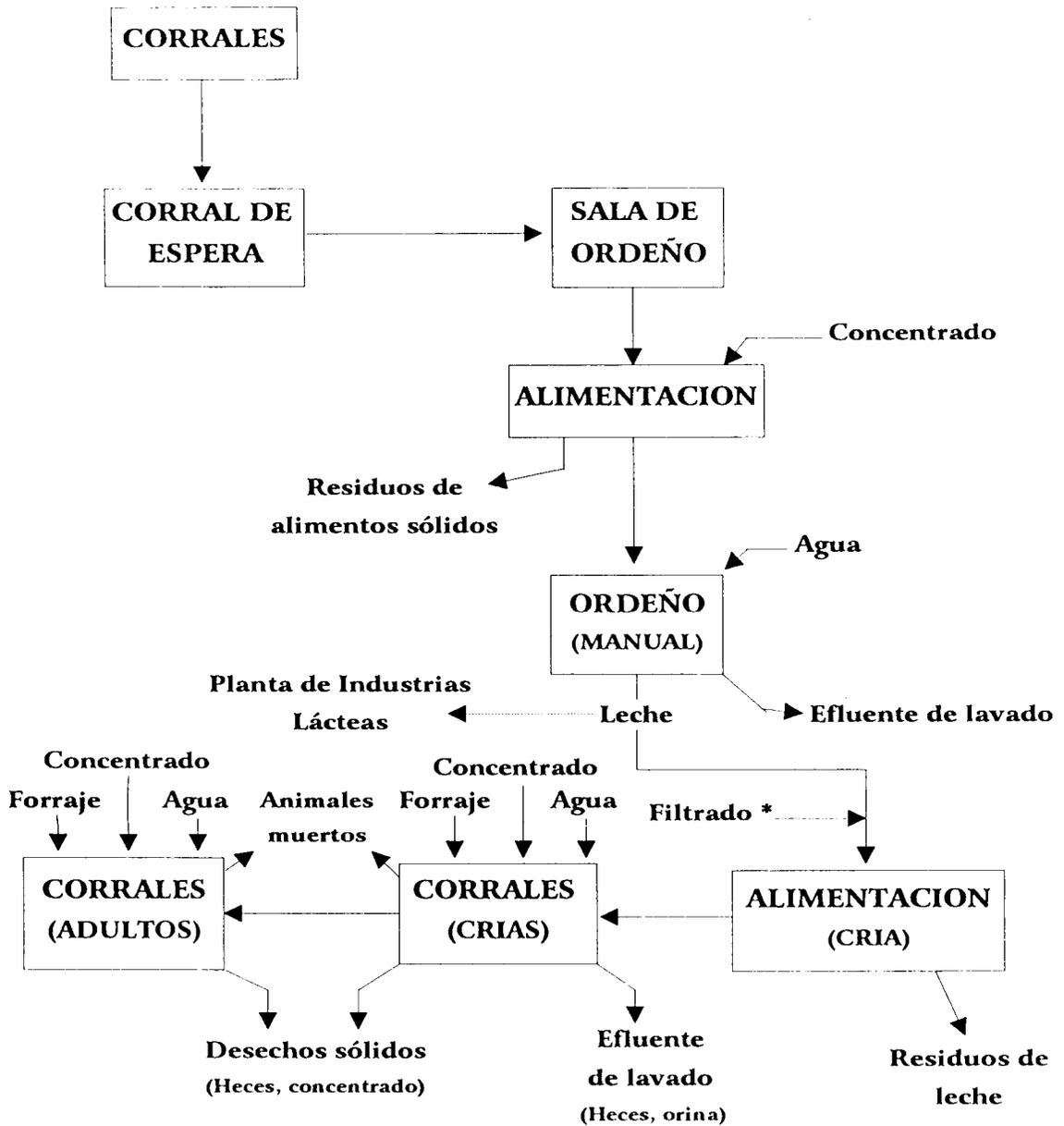
UNIDAD DE AVES (SECCION DE MATANZA)



ANEXO 14

PROCESOS DE PRODUCCION DE LA UNIDAD DE CABRAS

UNIDAD DE CABRAS



(*) El proceso de filtrado de la leche es realizado artesanalmente.