

Diagnóstico de los desechos de las cuatro plantas de procesamiento de Zamorano y propuestas para su manejo

300844

Oscar Rodríguez González

300844

MICROISIS:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

ZAMORANO

Departamento de Tecnología de Alimentos

Diciembre, 1999

02

Diagnóstico de los desechos de las cuatro plantas de procesamiento de Zamorano y propuestas para su manejo

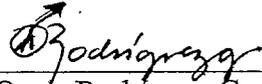
Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.

presentado por

Oscar Rodríguez González

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Oscar Rodríguez González

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A mi papá, por inducirme a emprender este reto.

A mi mamá, porque cuando el faltó no se cansó de apoyarme.

A mis hermanas, por saberme entender.

A mi familia, por todo su apoyo.

A la naturaleza, por ser tan sabia y dejarnos tantas cosas nuevas por investigar y aprender.

AGRADECIMIENTOS

A todos los habitantes de Zamorano, por enseñarme la parte interesante de la vida.

Al Dr. Pilz e Ing. Janeth Moncada, por todas las facilidades prestadas en la elaboración de esta investigación.

RESUMEN

Rodríguez, Oscar. 1999. Diagnóstico de los Desechos de las Cuatro Plantas de Procesamiento de Zamorano y Propuestas para su Manejo. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 79 p.

La industria de alimentos se ha convertido en una de las fuentes principales de generación de desechos en una comunidad. El manejo de esos desechos implica una reducción en sus fuentes de generación, búsqueda de alternativas de utilización y selección de alternativas de manejo. Durante mayo y junio se determinó la cantidad y tipo de residuos líquidos y sólidos que se producen en cada una de las plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano y se proyectó anualmente; se evaluó alternativas para su reducción, reutilización o tratamiento. La investigación fue limitada por el tiempo y el costo de los análisis de laboratorio. Los desechos líquidos se clasificaron según su grado de contaminación físico-química evaluando volumen de descarga, sólidos suspendidos, temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez; y bioquímica con análisis de Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DBO y DQO). Los sólidos se clasificaron según tipo, peso y volumen. El mayor volumen de desechos líquidos se observó en la planta de Industrias Lácteas (34.91 m^3) y la mayor contaminación en las jornadas de sacrificio de animales cuyos parámetros de sólidos suspendidos, turbidez sobrepasaron lo permitido. Las relaciones DQO/DBO de todas las aguas residuales, igual que las de un agua residual doméstica, sobrepasaron los límites impuestos por ley para la deposición en el actual cuerpo receptor. Todas las plantas desechan más agua que los valores citados para la industria. Los desechos constituyeron el 6.02 % del volumen de los desechos que se depositan en el relleno sanitario y el 0.17 % de la materia orgánica producida anualmente; o sea el 3.5 % de los desechos totales de Zamorano. La mayoría de los materiales desechados podrían utilizarse para la elaboración de otros productos tanto para alimentación humana como animal. El tratamiento debe realizarse en conjunto por la institución, para lo cual sería ideal formar una empresa. Falta mucha investigación sobre este tema.

Palabras claves: aguas residuales, desechos sólidos, reducción, utilización, tratamiento.

Nota de Prensa

LOS DESECHOS DE LAS PLANTAS DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS DE ZAMORANO

Entre los meses de Mayo y Junio se realizó un diagnóstico de los desechos producidos por las plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano. El estudio incluyó Industrias Cárnicas, Hortofrutícolas, Lácteas y de Procesamiento de Granos.

El propósito fue determinar la cantidad y tipo de residuos líquidos y sólidos que se producen en cada una de las plantas, incluyendo alternativas para su reducción, reutilización o tratamiento. Los desechos líquidos se caracterizaron física, química y bioquímicamente mediante muestreos a lo largo de cada jornada específica por planta. Los desechos sólidos se cuantificaron según tipo, peso y volumen.

Se encontró que los desechos líquidos de todas las plantas requieren un tratamiento previo a su deposición en el cuerpo donde actualmente se depositan. El agua residual de las jornadas de sacrificio de animales en la planta de Industrias Cárnicas presentó un alto grado de contaminación bioquímica que se podría solucionar únicamente con tratamiento químico.

Todas las plantas utilizan más agua de lo citado en la literatura. La planta de Industrias Lácteas desecha un exceso de agua que podría ser utilizada en otros procesos.

La planta de Industrias Cárnicas presentó la mayor cantidad de desechos sólidos, que por su naturaleza podrían ser utilizados en la elaboración de harina de carne. Los desechos de la planta de Industrias Lácteas estuvieron constituidos en su mayoría por empaques de productos, cuya generación podría ser reducida.

La planta de Industrias Hortofrutícolas desecha una gran cantidad de materia vegetal cuyo contenido podría ser utilizado para la extracción de compuestos útiles en la misma elaboración de los productos. Por su dimensión actual, la planta de Procesamiento de Granos no presentó una cantidad significativa de desechos.

Los desechos líquidos requieren más estudio para evaluar su uso en el riego de cultivos, pero se debe empezar por reducir su generación. El volumen de desechos sólidos es una pequeña parte del total de los desechos de la institución (3.5 %), por lo que el problema debe ser tratado en conjunto.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Páginas de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Nota de prensa.....	vii
Contenido.....	viii
Índice de Cuadros.....	xi
Índice de Anexos.....	xiii
1 INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO.....	3
2 REVISION DE LITERATURA	5
2.1 DESECHOS INDUSTRIALES.....	5
2.1.1 Particularidades de los desechos de cada industria.....	5
2.1.1.1 Desechos de la industria de carnes.....	5
2.1.1.2 Desechos de la industria de frutas y vegetales.....	6
2.1.1.3 Desechos de la fabricación de pan.....	6
2.1.1.4 Desechos de la industria de lácteos.....	6
2.2 AGUAS RESIDUALES.....	7
2.2.1 Constituyentes del agua residual de la agroindustria.....	7
2.2.2 Caracterización de las aguas residuales.....	9
2.2.2.1 Contaminación físico-química de las aguas residuales.....	9
2.2.2.2 Contaminación bioquímica de las aguas residuales.....	10
2.2.3 Normas de calidad de aguas residuales.....	11
2.2.4 Tratamiento de las aguas residuales.....	12
2.2.4.1 Control interno de aguas residuales.....	12
2.2.4.2 Control externo de aguas residuales.....	13
2.3 DESECHOS SOLIDOS.....	14
2.3.1 Los desechos sólidos de la industria de alimentos.....	15
2.3.2 Clasificación de los desechos sólidos.....	15
2.3.3 Manejo de los desechos sólidos.....	16
2.3.3.1 Reducción de los desechos sólidos.....	16
2.3.3.2 Utilización de desechos sólidos.....	17
2.3.3.3 Tratamiento de los desechos sólidos.....	17

3	MATERIALES Y METODOS	20
3.1	CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	20
3.1.1	Toma de muestras.....	21
3.1.1.1	Muestras simples.....	21
3.1.1.2	Muestra compuesta.....	21
3.1.2	Procedimiento y equipo utilizado en las mediciones.....	21
3.1.2.1	Mediciones de campo.....	21
3.1.2.2	Mediciones de laboratorio.....	22
3.1.3	Estimación de consumo de agua.....	22
3.2	CARACTERIZACION DE DESECHOS SOLIDOS	22
3.2.1	Toma de muestras.....	23
3.3	ANALISIS DE PROCESOS SIGNIFICATIVOS	23
3.4	INVESTIGACION Y APLICACIÓN DE ALTERNATIVAS	23
4	RESULTADOS	24
4.1	INDUSTRIAS CARNICAS	24
4.1.1	Jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas.....	24
4.1.1.1	Desechos líquidos de una jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas.....	24
4.1.1.2	Desechos sólidos de una jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas.....	25
4.1.2	Jornada de sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas.....	26
4.1.2.1	Desechos líquidos de una jornada de sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas.....	26
4.1.2.2	Desechos sólidos de una jornada sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas.....	28
4.1.3	Jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas.....	29
4.1.3.1	Desechos líquidos de una jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas.....	29
4.1.3.2	Desechos sólidos de una jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas.....	30
4.1.4	Jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas.....	30
4.1.4.1	Desechos líquidos de una jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas.....	30
4.1.4.2	Desechos sólidos de una jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas.....	32
4.1.5	Jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas.....	32
4.1.5.1	Desechos líquidos de una jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas.....	32
4.1.5.2	Desechos sólidos de una jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas.....	33
4.1.6	Jornada de sábado en Industrias Cárnicas.....	33
4.1.6.1	Desechos líquidos de una jornada de sábado en Industrias Cárnicas.....	33
4.1.6.2	Desechos sólidos de una jornada de sábado en Industrias Cárnicas.....	35
4.1.7	Resumen de la planta de Industrias Cárnicas.....	35

4.2	INDUSTRIAS HORTOFRUTICOLAS	37
4.2.1	Jornada normal en Industrias Hortofrutícolas.....	37
4.2.1.1	Desechos líquidos de una jornada normal en Industrias Hortofrutícolas.....	37
4.2.1.2	Desechos sólidos de una jornada normal en Industrias Hortofrutícolas.....	39
4.2.2	Jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas.....	39
4.2.2.1	Desechos líquidos de una jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas.....	39
4.2.2.2	Desechos sólidos de una jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas.....	41
4.2.3	Resumen de la planta de Industrias Hortofrutícolas.....	41
4.3	INDUSTRIAS LACTEAS	43
4.3.1	Jornada normal en Industrias Lácteas.....	43
4.3.1.1	Desechos líquidos de una jornada normal en Industrias Lácteas.....	43
4.3.1.2	Desechos sólidos de una jornada normal en Industrias Lácteas.....	44
4.3.2	Jornada de sábado en Industrias Lácteas.....	45
4.3.2.1	Desechos líquidos de una jornada de sábado en Industrias Lácteas.....	46
4.3.2.2	Desechos sólidos de una jornada de sábado en Industrias Lácteas.....	47
4.3.3	Resumen de la planta de Industrias Lácteas.....	47
4.4	PLANTA DE PROCESAMIENTO DE GRANOS	48
4.4.1	Desechos líquidos de la planta de Procesamiento de Granos.....	48
4.4.2	Desechos sólidos de la planta de Procesamiento de Granos.....	49
4.5	COMPARACION ENTRE PLANTAS	50
5	DISCUSION	52
5.1	REDUCCION DE DESECHOS	52
5.1.1	Reducción de desechos líquidos.....	53
5.1.2	Reducción de desechos sólidos.....	54
5.2	UTILIZACION DE DESECHOS	54
5.2.1	Utilización de desechos líquidos.....	54
5.2.2	Utilización de desechos sólidos.....	55
5.3	TRATAMIENTO DE DESECHOS	55
5.3.1	Tratamiento de desechos líquidos.....	55
5.3.2	Tratamiento de desechos sólidos.....	56
6	CONCLUSIONES	57
7	RECOMENDACIONES	59
8	BIBLIOGRAFIA	60
9	ANEXOS	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Normas de calidad para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores.....	11
2.	Generación de residuos en un restaurante de comida rápida.....	15
3.	Características del agua residual de una jornada de sacrificio de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	25
4.	Desechos sólidos resultado de una jornada de sacrificio de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	26
5.	Características del agua residual de una jornada de sacrificio de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	28
6.	Desechos sólidos resultado de una jornada de sacrificio de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	28
7.	Características del agua residual de una jornada de desposte de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	30
8.	Características del agua residual de una jornada de desposte de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	31
9.	Características del agua residual de una jornada de producción de embutidos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	33
10.	Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	35
11.	Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	36
12.	Desechos sólidos producidos al año por la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.....	36
13.	Características del agua residual de una jornada normal en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.....	38
14.	Desechos sólidos, según cantidades procesadas por lote diario en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.....	40

15.	Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.....	41
16.	Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano...	42
17.	Desechos sólidos producidos al año por la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.....	42
18.	Características del agua residual de una jornada normal en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.....	44
19.	Desechos sólidos según cantidades procesadas por lote diario en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.....	45
20.	Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.....	46
21.	Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.....	47
22.	Desechos sólidos producidos al año por la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.....	48
23.	Características del agua residual de una jornada de producción de pan y galletas en la planta de Procesamiento de Granos de Zamorano.....	49
24.	Desechos sólidos producidos por jornada de producción de pan y galletas en la planta Procesamiento de Granos de Zamorano.....	50
25.	Comparación de parámetros ponderados de las aguas residuales de las diferentes plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Hojas de resultados de muestreos de efluentes en la planta de industrias cárnicas.....	63
2.	Hojas de resultados de muestreos de efluentes en la planta de Industrias hortofrutícolas.....	72
3.	Hojas de resultados de muestreos de efluentes en la planta de Industrias Lácteas.....	75
4.	Hojas de resultados de muestreos de efluentes en la planta de procesamiento de granos.....	78

1. INTRODUCCION

La generación de desechos por parte del hombre es inevitable desde que nacemos, por lo que se considera algo intrínseco del ser humano.

En la naturaleza el desecho de un organismo es el sustento de otro; en la sociedad actual, sin embargo, las aguas residuales del hombre se han convertido en fuente de contaminación de ríos, lagos y aguas costeras (Brown *et al.*, 1992).

El problema radica en el tratamiento que le damos a los mismos; vivimos en una sociedad de despilfarro, la mayoría de los materiales se desechan después de usarlos sólo una vez, con ello derrochamos energía, generamos contaminación del agua, residuos tóxicos y tanta basura que dañamos y destruimos nuestro ambiente natural.

Así Levi (1997) a través de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) estimó que la generación de desechos sólidos en dicho país en 1960 fue de 1.2 kg/persona/día, y tuvo un incremento hasta 2 kg/persona/día en 1990, pero se espera que permanezca constante hasta el año 2000.

En el pasado el mayor volumen de desperdicios se generaba en el hogar; pero la tendencia a producir alimentos en gran escala ha delegado este sitio a la industria alimenticia. Esto en parte significa un beneficio, ya que se maneja los desechos en un sólo sitio. Pero el procesamiento de alimentos también implica la utilización de empaques, tanto en los insumos como en el producto final, lo que coloca la industria alimenticia como una de las principales fuentes de generación de basura en una comunidad.

1.1 ANTECEDENTES

En América, antes de la conquista, el problema de la basura ya era una preocupación de los nobles y monarcas. Los datos históricos se remontan a la época del reinado de Noctezuma; donde los cronistas afirman que "en las ciudades no había ni una sola tienda de comercio, no se podía vender ni comprar fuera de los mercados, y, por tanto, nadie comía en las calles ni tiraba cáscaras ni otros despojos" (Aguilar, 1998).

Se ha estudiado una gran variedad de métodos de tratamiento de desechos, algunos requieren grandes extensiones o inversiones altas de capital; pero las dimensiones del volumen de desechos se pueden reducir si controlamos la generación de los mismos.

En Zamorano no se había dado tanta importancia a este tema, posiblemente debido a que todavía no es un problema que afecte sensiblemente a sus habitantes; pero últimamente se ha despertado el interés por lograr la "eco-eficiencia", término que describe aquellas empresas que aseguran su futuro tratando de reducir al mínimo el impacto que pueden ocasionar al ambiente.

El primer estudio de la problemática de los desechos en Zamorano lo realizó Fuentes (1995) con su tesis: "Evaluación de la calidad de aguas residuales de la agroindustria pecuaria de Zamorano", en la cual se caracterizaron los desechos líquidos de seis unidades agropecuarias de Zamorano, con base en cantidad, calidad y variaciones. A su vez describieron las condiciones hidrológicas y ambientales de la quebrada la chorrera, la cual cumple la función de principal cuerpo receptor de desechos de la sección de Zootecnia, que incluye las plantas de Industrias Cárnicas e Industrias Lácteas.

Según Fuentes (1995), de acuerdo con las características hidrológicas de la quebrada receptora y los impactos propiciados por la acumulación de desechos, principalmente líquidos, el contexto de La Chorrera muestra que los recursos se están alterando negativamente, debido a la alta presión ejercida en mencionado sistema hídrico. A 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.

Luego, Avilés (1998), en su tesis titulada: "Diagnóstico del manejo de desechos sólidos en Zamorano y elaboración de un plan alternativo de manejo", tipificó y cuantificó la producción de basura común y materia orgánica del campus de Zamorano con el objetivo de evaluar el manejo actual y recomendar un plan alternativo para el manejo de los desechos sólidos.

Avilés (1998) encontró que en Zamorano se producen 0.49 kg de desechos de todo tipo por persona por día ($2,987.52 \text{ m}^3$ al año), cuyo destino final es el relleno sanitario, que a ese ritmo de producción se le calcula una vida útil de 11 años. Según Avilés el costo de recolección de los desechos es de 97.90 Lps. por m^3 . Además encontró que la materia orgánica producida tiene diferentes destinos dependiendo del origen y las actividades de producción.

Es por ello que se consideró necesario poseer una medición del grado de contaminación y los volúmenes de residuos producidos por las cuatro plantas de procesamiento de Zamorano, para calcular en base a estos las posibles formas de reducción, reutilización o tratamiento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

El objetivo del estudio fue determinar la cantidad y tipo de residuos líquidos y sólidos que se producen en cada una de las plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano, incluyendo alternativas para su reducción, reutilización o tratamiento.

1.2.2 Objetivos específicos

Caracterizar los distintos desechos generados por el procesamiento, para determinar el grado de contaminación ocasionado por cada planta.

Determinar épocas pico de mayor producción de desechos, calcular la producción anual de los mismos y con base en ello determinar la magnitud de los sistemas de tratamiento.

Determinar los puntos críticos de proceso donde se puedan reducir las cantidades de desechos.

Proponer y evaluar alternativas de tratamiento aplicables a los desechos que no se puedan reducir ni reutilizar en cada planta.

1.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Entre los factores que más limitaron la complejidad del proyecto fueron el tiempo y costo de los análisis de laboratorio.

La variabilidad en las cantidades de materia prima procesadas en cada una de las plantas es alta y cambia en el año según la estación y las cantidades disponibles dentro de la institución; donde se planifica la producción en base a la disponibilidad de recursos y el mercado. Esto obligó a dividir los desechos en fijos y variables, dependiendo de la influencia que tenga el volumen de producción en las cantidades generadas de los mismos.

No se cuantificó la totalidad de los desechos en el período de estudio, se muestreó al azar cada línea de proceso en días considerados típicos.

Debido a limitaciones de tiempo, disponibilidad de equipo en laboratorio y el costo de los análisis no se realizaron todos los análisis que exige el Ministerio de Salud de la República de Honduras, como nitrógeno total, fósforo, sulfuros, grasas y aceites totales.

No se evaluó la contaminación del agua residual de cada proceso, debido al factor costo principalmente; se hizo un muestreo compuesto de días típicos de producción en cada planta.

La contaminación del aire no se midió por falta de equipo y por considerarse insignificante. Los gases producidos en las plantas se limitan a emisiones ocasionales de humo por combustión de madera en el ahumador de la planta de Industrias Cárnicas y el uso de la caldera de leña de Industrias Hortofrutícolas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 DESECHOS INDUSTRIALES

Los desechos industriales se pueden diferenciar de los domésticos dependiendo de la fuente donde se originan. Se consideran domésticos aquellos desechos que se generan de toda actividad comercial, hospitalaria ó habitacional; mientras que los industriales son los generados del procesamiento de materia prima en grandes volúmenes (Hauschnik, 1996).

Según el estado de la materia en que se encuentren, los desechos industriales se pueden clasificar en tres tipos:

- Líquidos, resultantes del funcionamiento de ciertos equipos como la condensación del vapor de las calderas o equipos de refrigeración; sobrantes de operaciones de extracción de sólidos ó de actividades de limpieza de materia prima, equipos e instalaciones.
- Sólidos, en su mayoría constituidos por empaques de materia prima o de producto final desechado, residuos de limpieza de productos dañados o material de bajo valor económico presente en la materia prima.
- Gases, generados por la combustión ocasionada para operar equipos, o de procesos como el ahumado de embutidos.

2.1.1 Particularidades de los desechos de cada industria

Así como varían el tipo y la cantidad de desechos producidos, dentro de cada industria de alimentos existen ciertos puntos de control de la generación de los mismos.

2.1.1.1 Desechos de la industria de carnes. Se considera industria de carnes aquel lugar destinado al sacrificio, desposte de canales ó procesamiento de carnes para el consumo humano.

Las fuentes de residuos sólidos y líquidos, de la industria cárnica, según Bassoi (1999) son:

- Lavado de corrales, equipos y de la planta en general.
- Matanza de bovinos y porcinos.
- Corte y deshuesado de canales.
- Molido, curado, salmueras, ahumado, cocimiento y empaque de productos.

Asdruballi y Stradelli (1969) estimaron que para una planta de sacrificio, corte de carne y producción de embutidos el consumo diario oscila entre 300 y 500 L de agua por cada cabeza de ganado mayor sacrificada y entre 100 y 200 L por cada cabeza de ganado menor; y para los corrales se debe usar de 1 a 1.5 litros por m².

2.1.1.2 Desechos de la industria de frutas y vegetales. Literatura que presente información de una planta como la de industrias Hortofrutícolas de Zamorano es escasa, por la variedad de productos que allí se procesan. En la industria se caracteriza por plantas especializadas en cada fruta o vegetal.

Almeida (1999) menciona que para una fabrica de jugo concentrado de naranja las fuentes de emisión de residuos son:

- Lavado de la fruta, que representan el mayor volumen de agua residual, contiene sólidos suspendidos y sedimentables, aire y tierra.
- Residuos y derrames en proceso de separación del jugo de la cáscara y pulpa.
- Condensados originados de la evaporación del jugo.
- Lavado de pisos y equipos.

Según Hurtado (1985), la porción no comestible del mango es de un 75%, de la naranja 70% y de la guayaba 30%; y las posibilidades de aprovechamiento de los desechos son la extracción de aceites, obtención de pectinas, fabricación de carbón activado y vinagres.

Las cáscaras y semillas son el principal residuo del procesamiento de mangos, y constituyen entre el 35 a un 55% del mango entero; y de estos se puede extraer hasta el 15.7% de pectina (Litz, 1997).

2.1.1.3 Desechos de la fabricación de pan. Según Bennion (1967) el principal problema de desperdicios en las panaderías, cuando el pan se elabora de forma manual, son los defectos de los mismos; los cuales se deben a ingredientes en mal estado, los trabajadores ó el método que usaron ese día.

La mayoría de los defectos en los ingredientes se deben a un inadecuado manejo en almacén, tanto las harinas como las levaduras están expuestas al ataque de insectos, microorganismos y la humedad. Por lo tanto, del cuidado de la materia prima depende la calidad del pan a obtener.

Por su parte Tchobanoglous y Burton (1996) mencionan que la industria que elabora pan consume entre 2 y 4 m³ de agua por cada tonelada de producto que procesa.

2.1.1.4 Desechos de la industria de lácteos. Se considera una Industria Láctea a toda planta de procesamiento de leche, cuyos productos pueden ser quesos, helados, leche fluida, crema o productos acidificados.

Según Derísio (1999) las fuentes de contaminación de la Industria Láctea son:

- El lavado y limpieza de productos remanentes en camiones, tanques, recipientes y equipos.
- Derrames debidos a sobrellenado, operaciones deficientes de equipo y traspaso de tanques.
- Pérdidas en proceso, tales como: crema sobrante de centrifugas, pérdidas durante las operaciones (inicio y final de un pasteurizador continuo), arrastre de productos durante una evaporación y pérdidas resultantes de acondicionamiento en procesos de empaque.
- Descarte de subproductos; por ejemplo: suero, leche, quesos o cualquier producto dañado.
- Soluciones utilizadas para la desinfección de líneas de equipos.
- Lavado de pisos y equipos que no entran en contacto directo con el producto.
- Arrastre de lubricantes durante el lavado de equipos.

El valor típico de consumo de agua de las industrias de productos lácteos oscila entre 9 y 20 m³ por tonelada de producto (Tchobanoglous y Burton, 1996). Aunque Gösta (1996) menciona como una relación típica de consumo el uso de 2.5 L de agua por litro de leche, y con un intenso ahorro de agua es posible llegar a usar menos de un litro.

Farrall (1963) menciona que una investigación de las pérdidas de leche en el desagüe, aún con un manejo cuidadoso, son del 1.0 a 1.3 por ciento de la leche cruda.

2.2 AGUAS RESIDUALES

Aguas residuales son los líquidos de composición variada provenientes de usos domésticos, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, de minería o de otra índole (Ministerio de Salud, 1996).

Se consideran aguas residuales de agroindustria todos los desechos líquidos generados por las plantas de procesamiento, incluye el agua usada en procesos de recibo y transformación de materia prima, limpieza, área de empleados, cuartos fríos y calderas.

2.2.1 Constituyentes del agua residual de la agroindustria

Las características de aguas residuales generadas en las diferentes industrias dependen del tipo y tamaño de la planta, el tipo y cantidad de materia prima procesada, el grado de reutilización del agua y el tratamiento que se dé al agua utilizada.

Para las industrias en las que no se reutiliza internamente el agua, podemos asumir que entre el 85 y el 95 por ciento del agua empleada en los diversos procesos se convierte en agua residual (Tchobanoglous y Burton, 1996).

Aunque dentro de la industria en general los constituyentes del agua residual varían, en la agroindustria están generalmente constituidos por:

Las proteínas, que están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal (cuando están crudos). Su contenido varía mucho entre las pequeñas cantidades presentes en las frutas o en los tejidos grasos de las carnes, y las máximas concentraciones que hay en las carnes magras. Las proteínas son las principales responsables de la presencia de nitrógeno en aguas residuales y pueden dar origen a olores fuertemente desagradables debido a los procesos de descomposición.

Los azúcares, que tienen tendencia a descomponerse debido a la presencia de enzimas de determinadas bacterias y fermentos dan lugar a un proceso de fermentación que incluye la producción de alcohol y dióxido de carbono.

La celulosa, que desde el punto de vista del volumen y resistencia a la descomposición, es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante. La destrucción de la celulosa es un proceso que se desarrolla sin dificultad en el terreno, principalmente gracias a la actividad de diversos hongos, cuya acción es especialmente notable en condiciones ácidas.

Los almidones que son insolubles en agua, por lo tanto son más estables en los efluentes; pero se convierten en azúcares por la actividad bacteriana y la reacción con ciertos ácidos minerales diluidos, realizando entonces las mismas reacciones de los azúcares en el agua residual.

Las grasas y aceites se presentan en las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites o grasas vegetales. Son uno de los compuestos orgánicos de mayor estabilidad y su descomposición por acción bacteriana no es fácil. La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido de grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables (Tchobanoglous y Burton, 1996).

Los agentes tensoactivos presentes en detergentes sintéticos (sulfatos de alquilbenceno) son fuente de muchos problemas debido a su resistencia a la descomposición por medios biológicos. Se recomienda sustituirlos por sulfatos de alquilo lineales, que son sustancias biodegradables; reduciendo además el problema de espumas.

2.2.2 Caracterización de las aguas residuales

La Caracterización de un Agua Residual es la determinación precisa de su calidad físico-química y bacteriológica (Ministerio de Salud, 1996).

2.2.2.1 Contaminación físico-química de las aguas residuales. Describe las condiciones físicas y químicas del agua residual de acuerdo a la dilución en que se encuentren los compuestos que la constituyen. Existen varios indicadores para evaluar la contaminación físico-química del agua residual, pero los más importantes son:

Potencial de Hidrógeno (pH). La concentración de hidrógeno es un parámetro de calidad tanto para aguas naturales como residuales. El rango de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es pequeño. El agua residual con concentraciones de hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el agua residual puede modificar la concentración de hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas (Tchobanoglous y Burton, 1996).

Sólidos Suspendidos (SS). Los sólidos totales de un agua residual pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (suspendidos) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

Según el Ministerio de Salud los SS son: "el peso de las partículas sólidas suspendidas en un volumen de agua, retenidas en papel filtro."

Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático (Tchobanoglous, 1996).

Temperatura. La temperatura del agua es otro parámetro usado para determinar calidad debido a su influencia en el desarrollo de la vida acuática y en las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como en la capacidad de uso del agua para ciertos procesos útiles. Por otro lado, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento de las velocidades de reacción combinado con la reducción del oxígeno presente puede conducir a la mortalidad de la vida acuática, además de una indeseada proliferación de plantas acuáticas, hongos o algas.

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de suministro debido a la incorporación de agua caliente procedente de los diferentes usos industriales (Tchobanoglous y Burton, 1996).

Turbidez. La turbidez, como medida de las propiedades de transmisión de la luz en el agua es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Aun así, no es posible afirmar que exista una relación entre la turbidez y la concentración de sólidos en suspensión de un agua no tratada (Tchobanoglous, 1996).

2.2.2.2 Contaminación bioquímica de las aguas residuales. Es la forma de indicar la acción de los organismos vivos presentes en el agua residual mediante la determinación de la condición química del agua. Entre los parámetros usados tenemos:

Oxígeno Disuelto (OD). El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. La importancia del OD para la vida acuática se debe a que, en los casos en los que el nivel de OD se sitúa por debajo de 4-5mg/L, se pueden producir efectos nocivos en determinadas especies.

Según Tchobanoglous y Burton (1996), la materia orgánica esta compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide en función de la Demanda Bioquímica de Oxígeno y de la Demanda Química de Oxígeno. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Es la medida del oxígeno disuelto, usado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable (Ministerio de Salud, 1996). La oxidación bioquímica es un proceso lento cuya duración es en teoría infinita. El período de incubación es de 5 días a 20°C. Los resultados obtenidos a diferentes temperaturas serán distintos debido a que las velocidades de las reacciones bioquímicas son función de la temperatura, por ello se estandariza la incubación a una temperatura estándar.

Demanda Química de Oxígeno (DQO). Es la cantidad de oxígeno equivalente a la materia orgánica que puede ser oxidado en un medio ácido a través de un oxidante fuerte (Ministerio de Salud 1996). En el ensayo se emplea un agente químico que actúe en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que pueda oxidarse. Según Greenenberg *et al* (1992) el dicromato de potasio proporciona excelentes resultados en ese sentido. El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas y para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos es preciso emplear un catalizador como el sulfato de plata. El ensayo de DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales industriales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica (Tchobanoglous y Burton, 1996).

De acuerdo con Lardé¹ la DBO es una medida de la materia orgánica fácilmente oxidable, en comparación con la DQO que mide toda la materia orgánica presente. Por lo tanto la DQO de un agua residual debe ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales se puede establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO.

¹ LARDE, J. 1999. PROCAFE. El Salvador.

2.2.3 Normas de calidad de aguas residuales

Las normas de calidad del agua son conjuntos de limitaciones, tanto cuantitativas como cualitativas, establecidas para mantener o mejorar la calidad de los cuerpos receptores (Tchobanoglous y Burton, 1996).

El 9 de Abril de 1996 el Ministerio de Salud de la República de Honduras publicó las "Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario". A continuación se presentan algunos extractos que se relacionan con los efluentes de la Agroindustria de Zamorano.

El capítulo V, artículo 6 contempla que: "Cada descarga a un cuerpo receptor en forma directa o indirecta, deberá cumplir con las características físicas, químicas y bacteriológicas generales" cuyos rangos y concentraciones máximas permisibles se especifican en el cuadro 1.

Vale la pena mencionar que el Artículo 3 del capítulo III señala que: "Las presentes normas son de OBSERVANCIA OBLIGATORIA en TODO EL TERRITORIO NACIONAL de la REPUBLICA DE HONDURAS". Además "...las Municipalidades del país previo informe técnico de la Secretaría de Estado en el Despacho de Salud Pública o la Secretaría de Estado en el Despacho del Ambiente, podrán establecer e imponer sanciones a las infracciones que se produzcan en contravención a estas Normas..."

Cuadro 1. Normas de calidad para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores.

Parámetro	Valor Permissible
Grupo A	
Temperatura	< 25.00 Grados centígrados
Color	< 200.00 UC
PH	6.00 a 9.00
Volumen Descargado	< 10% del caudal o volumen promedio del cuerpo receptor
Grupo B	
Sólidos Sedimentables	1.00ml/L/h
Sólidos Suspendidos	100.00mg/L
Material Flotante y Espuma	Ausente
Grupo C	
D. B. O.	50.00mg/L
D. Q. O.	200.00mg/L
Grasas y Aceites	10.00mg/L

Fuente: Ministerio de Salud de la República de Honduras (1996), adaptado por el autor.

2.2.4 Tratamiento de las aguas residuales

Existen diversas medidas para reducir la contaminación causada por las aguas residuales, los tipos de tratamiento se dividen en internos y externos según el sitio donde se practica.

2.2.4.1 Control interno de aguas residuales. El control interno del consumo de agua es definido como el conjunto de medidas o técnicas de control o modificación del procesamiento industrial, que busca reducir el volumen de los desechos industriales y su carga contaminante, propiciando un tratamiento más eficaz, debido a la reducción de las dimensiones de las unidades de tratamiento (Almeida, 1999)

Como resumen de varios autores se puede establecer una serie de procedimientos para la reducción y racionalización del consumo de agua de la industria:

1. Utilización de terminales de atomizador en vez de tubos perforados en tanques;
2. Utilización de válvulas de presión en lugar de válvulas comunes;
3. Para gastos de agua intermitentes, instalar un control automático;
4. Cambiar los equipos enfriadores que utilizan agua helada por otros que utilicen líquidos criogénicos como el nitrógeno;
5. Reuso del agua de las calderas y condensadores en la limpieza y lavado de pisos y máquinas;
6. Sistemas de atomizador con alta presión para la limpieza general de la fábrica;
7. Reuso del agua en labores menos exigentes, como el lavado de exteriores o medios de transporte;
8. Entrenamiento del personal implicado en el proceso industrial, enseñando la operación y mantenimiento correcto de los equipos;
9. Elaboración de programas educativos para todos los empleados de la planta, con el objetivo de desarrollar una conciencia de protección al medio ambiente;
10. Estudio de cada proceso productivo con un balance de materiales, cuantificando las pérdidas y los sitios donde ocurre con el fin de facilitar los cambios necesarios y el mantenimiento de los equipos dañados;
11. Control riguroso de las operaciones, con el fin de evitar derrames de productos de alta DBO, colocando algún responsable por área que observe continuamente los demás operarios;
12. Instalación de controladores automáticos que eviten el desbordamiento accidental de producto;
13. Instalar válvulas de cerrado automático en todas las mangueras para agua;
14. Mantener todos los equipos en buenas condiciones.

En un debate citado por Derísio (1999) concluyeron que como medidas internas para la reducción de la contaminación en una planta de procesamiento de carnes se pueden aplicar:

- Hacer la limpieza de los corrales en dos etapas: Limpieza en seco raspando el material para posteriormente enterrarlo y un lavado a presión utilizando la cantidad mínima de agua posible; se podría usar agua de efluentes para el lavado de los corrales.
- En la matanza recolectar la sangre inmediatamente después de la sangría, o mejorar el sistema de recolección de sangre; por ejemplo, usar vacío.
- El lavado de recipientes, paredes y pisos hacerlo en dos etapas: primero con una cantidad mínima de agua para recolectar los desechos en un tanque para posterior uso (recuperar sangre por coagulación, por ejemplo) y luego un lavado a presión donde se obtiene agua más limpia que podría servir para el lavado anterior en la siguiente jornada.
- En el procesado de vísceras el lavado del contenido estomacal debe ser precedido por una limpieza en seco, esto reduce significativamente la carga orgánica del agua residual.
- El agua resultante del lavado se puede utilizar en biodigestores ó para la producción de harina de sangre.

Por su parte Almeida (1999), menciona algunas medidas a nivel de gerencia para reducir los desechos en una planta procesadora de jugo cítrico:

- Remoción manual de los residuos generados en la etapa de clasificación de la fruta;
- Reutilización del agua condensada proveniente de los evaporadores de jugo en el lavado inicial de la fruta y el lavado de pisos;
- Control de operaciones más riguroso, evitando el derrame de líquidos con altos valores de DBO, como el jugo concentrado;

Las medidas internas para la reducción de las aguas residuales de la Industria de Lácteos comprenden:

- Separación de los desechos que llevan suero (queso, mantequilla) para tratamiento o aprovechamiento/comercialización.
- La instalación de recipientes para recolectar pérdidas generadas en tanques o equipos, como recolectores de salpicaduras en la sección de recibo de leche.
- Verificar las válvulas para que reciban la capacidad ideal de los productos, operando a un nivel bajo para evitar pérdidas en los procesos de ebullición.

2.2.4.2 Control externo de aguas residuales. Es el control de la contaminación de los efluentes mediante tratamiento fuera de la planta: lagunas de estabilización, pilas de sedimentación, entre otros.

Por ejemplo, el empleo de tanques de retención y regulación reduce considerablemente los frecuentes picos de caudales.

En varios países se usa el agua residual para riego de cultivos. El problema de su uso radica en el contenido de sustancias inorgánicas potencialmente tóxicas y la presencia de microorganismos patógenos que sobreviven largos períodos en el ambiente (Pescod, 1992). Entre las cualidades requeridas en un cuerpo de agua que se utilizará para riego tenemos que el pH debe situarse entre 6.5 y 8.4. Una opción alterna es utilizar el agua residual para riego de áreas verdes o plantaciones no destinadas al consumo humano.

El uso de lagunas de estabilización en países en desarrollo con clima tropical y sub tropical se ha complicado, ya que existen factores ambientales y de desarrollo local que complican su operación. Los principales problemas son el desarrollo exagerado de malezas o la proliferación de enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud pública (Yáñez, 1993).

2.3 DESECHOS SÓLIDOS

Se define como desecho sólido todo objeto, sustancia o elemento en estado sólido o semi sólido, que se abandona, bota, rechaza o desprende como resultado de los procesos de tratamiento, actividades industriales, comerciales y de la comunidad. Estos residuos al ser manipulados indistintamente se convierten en focos nocivos o basura (Aguilar, 1998).

Para el manejo del problema de residuos se plantean una serie de opciones para reducir la generación de los mismos: evitar el empleo de materiales no esenciales, reutilizar directamente el producto, reciclar la materia prima no procesada, quemar la materia prima y extraer su energía interna y sepultar los materiales no aprovechables en un relleno sanitario.

Uno de los puntos para controlar el volumen de los residuos que se generan en una comunidad es la industria de alimentos. La reestructuración de los procesos de manufactura puede fácilmente rebajar el volumen de desechos sólidos en más de una tercera parte (Brown *et al.*, 1992). Entre ellos, la simplificación del envasado constituye un factor importante.

En ocasiones la materia prima usada en la elaboración de un alimento se desecha debido a su calidad; pero en otros casos el desconocimiento de las propiedades funcionales de los subproductos en la elaboración de alimentos compuestos es una limitante para su uso. Por ejemplo, algunas vísceras de cerdos o reses podrían utilizarse en embutidos, o las cáscaras de ciertas frutas como fuente de compuestos químicos como las vitaminas.

Los nutrientes que hay en los desechos sólidos del hombre pueden aprovecharse de forma segura siempre que el proceso de reutilización incluya medidas que eviten la propagación de enfermedades (Brown *et al.*, 1992).

El uso común que se les da a los residuos de la industria es la alimentación de animales; pero esto se vuelve inhumano cuando existe un sector de la población que posee deficiencias nutricionales (Fornias, 1995).

2.3.1 Los desechos sólidos de la industria de alimentos

La Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos EPA estimó que de toda la basura generada en los Estados Unidos el 6.7% son residuos de alimentos, y que si se implementara completamente el programa de reciclaje aumentará proporcionalmente a un 8.9% debido a que es un material difícil de reciclar.

Se estima que un restaurante típico de "Mc Donald's" que atiende 2,000 clientes genera 0.54 kg de desechos por persona por día, tanto por el consumo dentro como fuera del local (Environmental Defense Study, 1990; Citado por Levi, 1997)

Cuadro 2. Generación de residuos en un restaurante de comida rápida.

Tipo	Porcentaje
Cajas de cartón corrugado	34
Residuos de alimentos	34
Líquidos	8
Papel encerado (envoltura de hamburguesas)	7
Residuos de clientes (no generados en el restaurante)	6
Papel sin cera (servilletas)	4
Poliestireno (tazas y vasos)	4
Bolsitas plásticas: salsas, jaleas	3

Fuente: Environmental Defense Study, 1990; Citado por Levi, 1997.

Los residuos sólidos, subproductos, generados por una industria de jugo cítrico son:

1. Frutas estropeadas y abolladas retiradas por selección manual.
2. Cáscaras, semillas y bagazo separado en la extracción.
3. Pulpas y "bagacillos" removidos en los filtros.
4. Frutas de diámetro muy pequeño, retenidas en el clasificador.
5. Pedúnculos y hojas de la fruta.

(Almeida, 1999).

2.3.2 Clasificación de los desechos sólidos

Los desechos sólidos se clasifican en orgánicos e inorgánicos dependiendo si formaron parte de seres vivos. Son los compuestos con alta cantidad de nitrógeno y carbono, la relación C:N depende de su naturaleza, y de ello dependerá su descomposición (Trejo, 1994).

Según Guajardo² la clasificación de los inorgánicos, según la capacidad de reciclaje es:

- Papel y cartón reciclable, por ejemplo: periódicos, libretas, revistas, hojas, sobres, legajos, cajas, folletos, envolturas de papel y/o cartón;
- Papel y cartón no reciclable, carbón o autocopiante, plastificado, aluminio, celofán, fax, fotografías, encerado, con adhesivos, doméstico usado, folletería que contenga cualquier material adicional que no sea papel y/o cartón;
- Aluminio, latas de jugos, refrescos, cervezas y diversas bebidas;
- Aluminio no reciclable, latas de lámina de conservas o de alimentos, papel aluminio, alambres, o cualquier otro objeto de metal;
- Plástico: Tereftalato de polietileno, símbolo pet o pete con el número 1; botes de agua purificada, aceite para cocinar, refrescos no retornables y retornables, limpiadores;
- Plástico de polietileno de alta densidad, símbolo "Pead" o "HDPE" con el número 2; botes de leche, yogur, contenedores de detergentes, blanqueadores y limpiadores;
- Plástico no reciclable, bolsas de frituras y cualquier bolsa de plástico transparente o de color, plumas, discos, juguetes u otros artículos que contengan objetos o metales adicionales que no sean de plástico;
- Vidrio, envases de alimentos, bebidas dentro de ellos se pueden separar de acuerdo a colores: verde, ámbar/café y Transparente;
- Vidrio no reciclable, focos, cristal de ventanas, espejos, lentes, objetos y adornos de cerámica, ceniceros, cristal de plomo, cristal de laboratorio;
- Tóxicos.

2.3.3 Manejo de los desechos sólidos

Los desechos sólidos, al igual que los líquidos pueden manejarse minimizando su generación, reutilizándolos, reciclándolos y cuando esto no sea posible buscando la mejor manera de tratarlos.

2.3.3.1 Reducción de los desechos sólidos. Según Teuben³ existen diversas técnicas para reducir los residuos en la fuente de generación: se pueden cambiar los productos en su composición, forma de conservación y de suministro.

También se pueden controlar desde tres puntos:

1. Cambiando los insumos: purificando el material ó sustituyéndolo.
2. Cambiando la tecnología usada en el proceso: cambiando el proceso completo, parcial, de operación ó la automatización del mismo.
3. Implementando prácticas de operación satisfactorias: formalizando procedimientos, previniendo pérdidas, mejorando manejo de materiales, programando la producción, implementando prácticas de manejo de desechos y segregándolos.

² GUAJARDO M. 1999. Instituto Tecnológico San Miguel. México.

³ TEUBEN, J. 1999. Zamorano. Honduras.

2.3.3.2 Utilización de los desechos sólidos. Es lo más efectivo para tratar la basura, ya que si un material se entierra, se quema o se bombea al drenaje, nada desaparece; sólo adopta otras formas y queda como parte del ambiente, de acuerdo con la ley de la conservación de la materia y la energía. Si este material se procesa para obtener un producto nuevo se denomina reciclaje, si se usa en su estado original se llama recuperación⁴.

Según Brown *et al* (1992), en la economía sostenida del futuro, la principal fuente de materia prima para la industria será la que aporten los artículos reciclados.

La recuperación de materiales reduce, pero no elimina la necesidad de colocarlos en la tierra. Es un error estratégico ver la recuperación de materiales con el esquema de ganancias económicas (Trejo, 1994).

Teuben⁵ también señala que los desechos de materia prima se pueden usar retornándolos al proceso original ó utilizándolos como materia prima en otro proceso.

Por lo tanto podemos dividir la recuperación de materiales en dos aspectos:

a. El procesamiento de subproductos comestibles. Por ejemplo el animal de matadero produce además de su carne una considerable cantidad de partes que no están comprendidas en la canal y que son biológica e higiénicamente aptas para el consumo humano. Cojulún⁶ también menciona que existen muchos residuos del procesamiento de frutas y vegetales que se podrían aprovechar como fuente de vitaminas, como el caso del jugo de tomate sobrante del escurrido de su pasta. Todos estos subproductos son diferentes por su estructura, composición y propiedades funcionales y organolépticas, pero se caracterizan en conjunto porque pueden aprovecharse para la alimentación.

b. La utilización de residuos en la alimentación animal. Entre las variadas alternativas para el aprovechamiento de los residuos del procesamiento de productos la utilización como alimento animal generalmente representa una de las mejores opciones desde los puntos de vista económico y de eficiencia biológica (Fornias 1995). Existe una variedad de usos de los residuos en la alimentación animal que van desde el consumo directo hasta la preparación de harinas (Figueroa, 1997).

2.3.3.3 Tratamiento de los desechos sólidos. La incineración es una técnica para el tratamiento de la basura cuyo propósito principal es convertirla en un material no peligroso, estable tanto química como microbiológicamente y con un peso y volumen menor. Un segundo objetivo es obtener energía derivada de la basura como combustible.

⁴ ROMERO, J. 1999. Zamorano. Honduras.

⁵ TEUBEN, J. 1999. Zamorano. Honduras.

⁶ COJULUN R. 1999. Zamorano. Honduras.

Algunas ventajas de la incineración son las siguientes:

1. Es casi completamente higiénico;
2. La reducción de volumen es hasta de 10 a 1, y de peso en un 30%;
3. No hay necesidad de clasificar la basura.

Las desventajas son:

1. Gran inversión de capital;
2. Altos costos de funcionamiento y mantenimiento;
3. No es completo, quedan cenizas de residuo.

El composteo se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado "compost". Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima haciendo que alcancen un grado de digestión tal, que al ser aplicados al suelo no provoquen una competencia entre sus microorganismos y las plantas superiores, por los nutrientes que ambos necesitan.

El composteo ofrece las siguientes ventajas:

1. La única técnica operativa actual para reutilizar la materia orgánica;
2. Adecuado para manejo de residuos de productos cárnicos y vegetales;
3. Se complementa con otros procesos de recuperación de materiales.

Algunos inconvenientes que presenta el composteo son los siguientes:

1. Altos costos de instalación y funcionamiento;
2. Requiere personal calificado;
3. El mercado del compost puede ser inestable, estacional o inexistente.

El relleno sanitario es el método de disposición final de la basura más completo y de menor costo en inversiones que existe, siempre que se cuente con un terreno a bajo costo; es también uno de los métodos más antiguos. La sociedad Americana de Ingenieros Civiles lo definió como un método para disponer los desechos en la tierra sin causar molestas o daños a la salud y seguridad pública, utilizando principios de ingeniería para confinar los desechos al área más pequeña posible, reducirlos al mínimo volumen y cubrirlos con una capa de tierra al terminar las operaciones del día o en intervalos más cortos si fuera necesario. (Brown *et al.*, 1992).

Algunas de las principales ventajas de este método son las siguientes:

- En terrenos de bajo costo, es el método más económico;
- Inversión inicial baja, comparada con otros métodos de manejo de basura.

Sin embargo, también pueden existir algunas desventajas:

- La ubicación en áreas residenciales puede tener oposición pública;
- Una vez terminado tendrá asentamientos que limitan las construcciones permisibles.
- Si no se opera adecuadamente se convierte en un tiradero a cielo abierto.

Existen procesos donde se usan desechos orgánicos de diversa índole para obtener diversos compuestos como combustibles o fertilizantes. Además de ello se investigan

las más inimaginables alternativas, especialmente cuando la cantidad de desechos es grande; por ejemplo Santivañez⁷ mencionó que la compañía "Cutler internacional" está investigando un método para la extracción de pectina y Calcio de uso farmacéutico de la cáscara de huevo, o "Conagra/Dupont" que extraerá ácido láctico industrial para la elaboración de ciertos tipos de plásticos llamados poliláctidos a partir del suero de leche.

⁷ SANTIVAÑEZ, J. 1999. Cutler de Centroamérica. El Salvador.

3. MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en las plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano, departamento de Francisco Morazán en Honduras.

Estas plantas de procesamiento fueron construidas con el propósito de aprovechar la materia prima que genera la institución y para formar a los estudiantes en el campo del procesamiento de ésta.

Las plantas comprendidas en el estudio son cuatro: Industrias Cárnicas, dedicada a procesos de sacrificio, desposte y producción de embutidos de porcinos y bovinos; Industrias Hortofrutícolas, donde se procesan concentrados de frutas, jaleas, encurtidos, salsas y vinagres; Industrias Lácteas, dedicada a la producción de quesos, helados, productos acidificados y leche fluida con o sin sabor; y la planta de Procesamiento de Granos, produciendo pan blanco y galletas.

El proyecto se resume básicamente en cuatro etapas; la caracterización de los desechos, el análisis de los procesos más significativos en cuanto a su producción, la investigación de propuestas de reducción, reutilización y tratamiento, y la aplicación de las mismas a Zamorano.

3.1 CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para el análisis de las aguas residuales se dividió cada planta de procesamiento en jornadas de rutina, las cuales se hizo un muestreo dos veces recolectando muestras de los drenajes finales de cada planta durante la jornada completa de trabajo. El período de recolección de muestras comprendió los meses de mayo y junio.

Las divisiones usadas para las distintas plantas fueron: en Industrias Cárnicas se hizo dos muestreos de jornadas de matanza de reses, matanza de cerdos, desposte de reses, desposte de cerdos, producción de embutidos y días sábados de limpieza. En Industrias Lácteas se hizo un muestreo de dos días normales de trabajo y dos sábados, al igual que para Industrias Hortofrutícolas, mientras que para la Panadería se hizo un muestreo dos jornadas normales de producción de pan.

La toma, almacenamiento, transporte y preservación de muestras se hizo según lo establecido en los métodos estándar para el examen de agua y aguas servidas preparados por la APHA (American Public Health Association), WWA (Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation) de los Estados Unidos de América, en la versión de 1992.

3.1.1 Toma de muestras

Las muestras se tomaron en el desagüe final de cada planta, en la primera alcantarilla antes de juntarse con las provenientes de otras secciones.

Para la planta de Industrias Cárnicas se utilizó el desagüe ubicado después de la trampa de grasa; en Industrias Hortofrutícolas el ubicado al frente de apicultura y en Industrias Lácteas, en el área de recibo de leche. Para la Industria de Granos y cereales se tomó muestras de los lavabos.

3.1.1.1 Muestras simples. Durante toda la jornada de trabajo, desde las 6:30 hasta las 16:00 horas, se recolectó agua residual cada 30 minutos. Para cada muestra se determinó el caudal promedio, determinando el tiempo de llenado de un recipiente de volumen conocido en tres ocasiones. Se midió temperatura, oxígeno disuelto (OD), turbidez y potencial de hidrógeno. Luego se colocaba en frascos de plástico de 500ml que se mantuvo bajo refrigeración a 5°C, hasta ser transportados al laboratorio.

3.1.1.2 Muestra compuesta. Al final de cada jornada de recolección de muestras simples se elaboró una muestra compuesta de dos litros, según la proporción del caudal aportado por cada muestra simple. A esta muestra compuesta se le determinó la Demanda Bioquímica de Oxígeno, la Demanda Química de Oxígeno, y los Sólidos Suspendidos.

3.1.2 Procedimiento y equipo utilizado en las mediciones

3.1.2.1 Mediciones de campo. Las muestras simples se analizaron en el momento de su recolección, con aparatos portátiles de baja precisión facilitados por el Laboratorio de Aguas y el Laboratorio de Microbiología de la planta de Lácteos.

El caudal se determinó midiendo el tiempo de llenado de un recipiente con un cronómetro de 0.01s de precisión, para caudales grandes se usó baldes de 20lts marcados en base a volumen cada litro y para caudales pequeños con jarras plásticas de dos litros que se determinaba hasta décimas de litro.

La temperatura y el OD se midieron con el equipo "YSI, Modelo 50 B", mediante la inmersión del sensor en la muestra, hasta lograr una lectura de temperatura estable.

El pH se determinó con un potenciómetro "Fisher" portátil, introduciendo el sensor en el frasco que contenía cada muestra simple. Se utilizó para su calibración inicial dos soluciones buffer de 4 y 10 respectivamente.

La turbidez se determinó con un turbidómetro marca "DelAgua", el cual determina el grado de absorción de luz mediante la observación de la desaparición de un círculo situado en el fondo del mismo, durante el llenado con la muestra, y la posterior lectura de una escala logarítmica de unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

3.1.2.2 Mediciones de laboratorio. Los análisis de la muestra compuesta, al final de cada jornada, se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Aguas del departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica.

Los SS de la muestra compuesta se determinaron por diferencia de pesos mediante la filtración de 20ml de muestra a través de un filtro "Whatman GF/C", con un tamaño nominal de poro de 1.2 micrómetros el cual es conectado a una bomba de vacío. Cada muestra fue pesada en una balanza analítica "Mettler Toledo AT 201" con una precisión de 0.0001 mg, y secada en un horno "WTB Binder" a 103°C durante una hora.

La DBO se determinó utilizando el método de dilución de 50ml de muestra en una solución buffer. Se colocaron en frascos especiales para análisis de DBO de 300ml. Las muestras se incubaron a 23°C por cinco días; se midió el oxígeno disuelto inicial y final con el mismo equipo utilizado para las lecturas de OD.

La DQO se midió por el método de reflujo cerrado durante dos horas realizando lecturas de titulación con una solución FAS ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Se usaron 20ml de muestra, Sulfato de Plata como catalizador, Ferroína como indicador y Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) como agente oxidante. Se hizo una repetición para cada muestra más una solución sin muestra que se utilizó como blanco.

3.1.3 Estimación de consumo de agua

La cantidad de agua residual producida por cada planta depende del consumo de la misma se utilizó los registros llevados por la oficina de Superintendencia de Servicios para estimar las tendencias en el uso de agua durante el año por cada planta. Se consideraron los registros de los últimos dos años, a partir de Agosto de 1997.

Se eliminaron del análisis todos los valores debido a que en octubre y noviembre de 1998 ocurrió el huracán y hubo daños en los contadores de consumo, y la ausencia de la persona encargada de hacerlo. Además de la irregularidad con que son leídos.

3.2 CARACTERIZACION DE DESECHOS SOLIDOS

Para estimar la magnitud de los desechos sólidos se realizó un balance de materiales, que consistió en cuantificar las cantidades de insumo, la producción y se hizo un muestreo los desperdicios generados por cada línea de proceso y labores rutinarias dentro de cada planta.

300844

3.2.1 Toma de muestras

Los desechos se muestrearon limpiando los recipientes de cada sección dentro de la planta al inicio de una jornada y revisándolos al final de cada planta en la jornada.

Las líneas de proceso y labores de rutina muestreadas, en cada planta de procesamiento, fueron las siguientes:

- Industrias Cárnicas: sacrificio de bovinos, sacrificio de porcinos, corte de canales de bovinos, corte de canales de porcinos, producción de embutidos y el día sábado de limpieza general.
- Industrias Hortofrutícolas: extracción de materias base, línea dulce, línea salada, procesamiento de café y labores de limpieza.
- Panadería: producción de pan blanco y producción de galletas.
- Industrias Lácteas: producción de leches sin/con sabor, productos acidificados, producción de quesos, producción de helados, empaque de productos, labores de limpieza diaria.

Se clasificó según el tipo de desecho y se estimó el peso con balanzas tipo reloj de 0.1 kg de precisión, el volumen sin compactar se estimó colocando el desecho en su estado natural en recipientes previamente medidos, y el volumen compactado resultó de la medida de la misma muestra después de ejercer presión sobre ella.

Se hizo tres muestreos para cada jornada, y se registró las cantidades de insumo y de producción, que se tomaron de las hojas contables que lleva cada planta.

3.3 ANALISIS DE PROCESOS SIGNIFICATIVOS

Para determinar los procesos más significativos en cuanto a la producción de residuos se investigó la producción anual de cada línea de proceso, en los registros contables de cada planta, y se relacionó con la cantidad de desechos producidos en el muestreo.

Luego, mediante la observación de los diagramas de flujo de cada proceso se determinó los puntos críticos de control de generación de residuos. Debido al número reducido de muestras por jornada u operación se trató de medir cada característica en el día más típico posible; y no se realizó un análisis estadístico.

3.4 INVESTIGACION Y APLICACION DE ALTERNATIVAS

Las propuestas de reducción, reutilización y tratamiento de efluentes se analizaron con los jefes de cada planta para validar su aplicabilidad a las condiciones actuales de Zamorano.

4. RESULTADOS

4.1 INDUSTRIAS CARNICAS

La planta de Industria de Carnes de Zamorano contempla los procesos de sacrificio y desposte de reses y cerdos, y la producción de embutidos.

4.1.1 Jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas

El sacrificio de reses se realiza los viernes por la mañana, comenzando a las 6:30, y finaliza aproximadamente a las 11:30 con labores de limpieza, dependiendo de la cantidad de animales que se sacrifiquen.

El número de animales sacrificados por día anduvo entre 6 y 18 reses, con un promedio de 11.2 animales y una desviación de 4.8 reses.

4.1.1.1 Desechos líquidos de una jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas. Los desechos líquidos de esta jornada estuvieron compuestos por el agua utilizada en la limpieza de los animales antes de ser sacrificados, de las canales, de algunas vísceras aprovechables y del área de proceso y los operarios al final de la jornada.

El volumen promedio de descarga fue de 5.87 m^3 (Cuadro 3), con una desviación estándar de 1.78 m^3 . Esto indica un gasto de 524.1 L por animal procesado, casi el doble de lo utilizado por la industria según Asdruballi (1969). El proceso empezó con caudales mínimos de 0.038 L/s, cuando el personal se preparaba para sus labores, y llegó a un máximo de 2.281 L/s cuando se realizó la limpieza final de la jornada.

Los sólidos suspendidos para esta jornada resultaron en 130.0 mg/L (Cuadro 3). Estuvieron constituidos por los restos de sangre y heces que resultaron del sacrificio.

La temperatura del agua residual se mantuvo en $22.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (Cuadro 3), con una desviación promedio de $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$. El máximo observado fue $23.8 \text{ }^\circ\text{C}$ y el mínimo $20.8 \text{ }^\circ\text{C}$. Esta mínima variación se puede atribuir a que el proceso no contempla el uso de agua fría o caliente.

El pH se mantuvo, 7.55 en promedio (Cuadro 3), con una desviación de 0.87. El máximo fue de 9.85 y el mínimo de 6.35. Estos valores fueron influidos por el contenido de sangre del agua residual.

El oxígeno disuelto aumentó a medida transcurrió la jornada, el promedio observado fue de 8.11 mg/L (Cuadro 3), los datos se desviaron poco del promedio: 2.29 mg/L. Se empezó con un mínimo de 2.99 mg/L y finalizó la jornada con 10.93 mg/L. Esta subida pudo ser influida por el aumento en pH y temperatura, además de la agilización del proceso que ocasiona turbulencia en el agua residual.

El promedio de turbidez fue de 286 NTU (Cuadro 3) con una desviación de 98 NTU. El máximo se observó en 450 NTU cuando se desangraba un animal y un mínimo de 120 NTU cuando se realizaban labores de descuerado o eviscerado. La turbidez del agua residual fue influida por la sangre resultante del proceso, se observó un color rojo profundo.

La DBO resultó en 119.40 mg/L y la DQO en 367.40 mg/L (Cuadro 3), resultando una relación de 3.07 que indica que es un agua residual de difícil degradación.

Los valores de volumen de descarga, sólidos suspendidos, turbidez, DBO y DQO pasan los límites permitidos por ley para descargar esta agua residual en el cuerpo receptor.

Cuadro 3. Características del agua residual de una jornada de sacrificio de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	5.87 m ³
Sólidos suspendidos	130.0 mg/L
Temperatura	22.4 °C
pH	7.55
Oxígeno disuelto	8.11 mg/L
Turbidez	286 NTU
D.B.O.	119.40 mg/L
D.Q.O.	367.40 mg/L

4.1.1.2 Desechos sólidos de una jornada de sacrificio de reses en Industrias Cárnicas. El peso de cada animal varió entre 236 y 550 kg con un promedio de 351.3 kg y una desviación de 70.27 kg. Sus canales calientes pesaron 170.8 kg en promedio, con una desviación de 35.15 kg. El rendimiento de canal caliente fue de 48.6%.

Las partes aprovechadas de una res sana fueron: cuero, canal, corazón, riñones, páncreas, hígado, rumen, pulmones, lengua y testículos.

Según peso y volumen, los residuos más representativos fueron el estiércol con un 61.7% del total. Le siguieron las cabezas de los animales con el 20% y el aparato digestivo con el 14%. Estos residuos por su naturaleza no pueden ser compactados, por lo que el volumen es constante (Cuadro 4).

Cuadro 4. Desechos sólidos resultado de una jornada de sacrificio de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Sitio de recolección	Etapas del proceso	Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)
Corrales	Espera	Estiércol	190.4	0.0302	0.0302
Area de Proceso	Sacrificio	Estiércol	501.8	0.8019	0.8019
		Cabezas	188.2	0.2957	0.2957
		Aparatos digestivos	152.3	0.4010	0.4010
		Patas	31.4	0.0101	0.0101
		Penes/ovarios	19.0	0.0056	0.0056
		Orejas	6.7	0.1322	0.1322
		Colas	1.1	0.0022	0.0022
		Total		1,090.9	1.6789

Hubo otros desechos no frecuentes, por ejemplo en 1998 se desecharon cinco reses completas por presentar síntomas de enfermedad. Esta carne se destinó como comida para perro. Ocasionalmente se encuentran fetos de vacas en estado avanzado de preñez.

4.1.2 Jornada de sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas

El sacrificio de cerdos se realiza los miércoles por la mañana y su duración depende, igual que en el sacrificio de reses, del número de animales sacrificados. Se sacrificó entre 6 y 30 cerdos, un promedio de 17.1, y una desviación de 5.3 animales.

4.1.2.1 Desechos líquidos de una jornada de sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas. Igual que en el sacrificio de reses, la limpieza de los animales, canales, vísceras y del área de proceso y los operarios fueron los componentes de su agua residual. En esta jornada influyó la escaldadora usada para separar el pelo de la piel del cerdo.

El volumen de agua residual fue mayor que en el sacrificio de reses, se observó un promedio de 7.27 m^3 (Cuadro 5), con una desviación de 2.11 m^3 . El gasto fue de 425.1 L por animal, se gasta tres veces lo necesario para procesar animales menores, según Asdruballi (1969). El mínimo caudal mínimo fue de 0.072 L/s, y se observó a media jornada, en etapas del proceso donde no se utiliza agua y el máximo fue de 0.912 L/s al final, cuando se vació la escaldadora y se realizaron labores de limpieza.

Los sólidos suspendidos resultaron en 104.5 mg/L (Cuadro 5), un poco menos que en el sacrificio de reses. Esto debido a que se consume mayor cantidad de agua por cantidad de sangre depositada en el drenaje. Además que las heces de los cerdos contienen material más pesado que las de las reses.

La temperatura promedio fue de $23.1 \text{ }^\circ\text{C}$ (Cuadro 5), con una desviación de $2.1 \text{ }^\circ\text{C}$. Se observó un mínimo de $21.5 \text{ }^\circ\text{C}$. El máximo se observó al final cuando se vació la escaldadora, se elevó hasta $29.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El pH se mantuvo cerca de neutro: 6.98 (Cuadro 5) con poca desviación, de 0.48. El máximo observado fue de 8.05 y el mínimo de 5.85. La variación de estos valores se debió a las diferentes diluciones de la sangre y heces en el agua.

El oxígeno disuelto mantuvo la misma tendencia de la temperatura y el pH con un promedio de 13.31 mg/L (Cuadro 5), y una desviación de 2.40 mg/L. La jornada empezó en 8.63 mg/L y alcanzó hasta 17.55 mg/L. En promedio más que en el sacrificio de reses, que se puede atribuir a una mayor temperatura y pH más bajo que le dan la capacidad de retener más oxígeno.

El color rojo de la sangre también dominó en el agua residual de esta jornada. La turbidez promedio fue de 294 NTU (Cuadro 5), con una desviación estándar de 132 NTU. Se observó un valor de 600 NTU en los primeros desangrados y un mínimo de 38 NTU en las horas siguientes. Esta turbidez inicial se debe a que las trampas de estiércol y de sangre empiezan a ser agitadas por los primeros chorros de agua, luego cuando empieza un fluido constante se diluye.

Los análisis arrojaron una DBO de 178.00 mg/L y DQO de 596.62 mg/L (Cuadro 5). La primera mayor que el valor de sacrificio de reses y la segunda menor; esto nos da una relación de 3.35 que significa que el material que contiene es lentamente degradable.

El volumen de descarga, los sólidos suspendidos, la turbidez, DBO y DQO tampoco permiten depositar esta agua en la quebrada.

Cuadro 5. Características del agua residual de una jornada de sacrificio de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	7.27 m ³
Sólidos suspendidos	104.5 mg/L
Temperatura	23.1 °C
pH	6.98
Oxígeno disuelto	13.31 mg/L
Turbidez	294 NTU
D.B.O.	178.00 mg/L
D.Q.O.	596.62 mg/L

4.1.2.2 Desechos sólidos de una jornada de sacrificio de cerdos en Industrias Cárnicas. El peso vivo por animal osciló entre 30 y 100 kg con una media de 84.4 kg, y una desviación de 12.3 kg; el peso promedio de la canal caliente fue de 55.8 kg, con una desviación de 8.5 kg, por lo que el rendimiento de canal es de 63.1%.

Las partes aprovechadas del cerdo fueron: canal, corazón, riñones, páncreas, hígado, pulmones y lengua. Ocasionalmente se aprovecharon 2.3 kg de tripas para embutir.

El residuo más representativo, en peso, fueron las cabezas de los cerdos con casi el 35% del total, le siguieron las vísceras con el 28% y el estiércol con el 14% (Cuadro 6). En volumen es casi igual la cantidad de vísceras con la de cabezas. El peso de los desechos es la tercera parte de los generados en el sacrificio de reses, en volumen son casi un sexto del total.

Cuadro 6. Desechos sólidos resultado de una jornada de sacrificio de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Sitio de recolección	Etapas del proceso	Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)
Corrales	Espera	Estiércol	42.8	0.0068	0.0068
Area de Proceso	Sacrificio	Cabezas	107.7	0.0787	0.0787
		Vísceras	88.9	0.0718	0.0718
		Pelo, pezuñas y otros	37.6	0.0598	0.0598
		Patatas	22.2	0.0274	0.0274
		Grasa	13.7	0.0530	0.0530
Total			312.9	0.2975	0.2975

4.1.3 Jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas

Los cortes de las canales de las reses sacrificadas se realiza hasta la siguiente semana para lograr el efecto de maduración de la carne. Se trabaja por la mañana; los lunes se cortan los cuartos de canal delanteros y los martes los traseros.

El peso promedio de las canales cuando salieron del cuarto frío fue de 158.5 kg, se perdió un 7% del peso de la canal caliente durante las 60 horas de almacenamiento.

4.1.3.1 Desechos líquidos de una jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas. Los desechos líquidos resultantes de esta jornada estuvieron constituidos por el agua residual de la limpieza de equipos y operarios al inicio y final de la misma.

El volumen promedio de descarga fue de 2.36 m³ (Cuadro 7), con una desviación de 0.99 m³. Hubo un gasto de 1.32 L por kg de carne despostada. Hubo un caudal inicial de 0.5 L/s, originado por la preparación del equipo y empleados, luego transcurrió la mañana sin gastos significativos, con mínimos de hasta 0.011 L/s, y aumentó al final de la jornada, hasta 0.722 L/s, con la limpieza del equipo.

Los sólidos suspendidos resultaron en 64.0 mg/L (Cuadro 7), casi la mitad que los resultados de la jornada de sacrificio, ya que el tipo de desechos sólidos suspendidos en este proceso no es significativo.

La temperatura casi no varió, se mantuvo entre 22.8 °C y 20.9 °C, con un promedio de 21.8 °C (Cuadro 7), y una desviación de 0.7 °C. Esta temperatura y su variación fueron parecidas a las de entrada del agua.

El pH también se mantuvo constante, resultó con una media de 6.51 (Cuadro 7), una desviación de 0.49. El máximo fue de 7.30 y el mínimo de 5.95. En comparación con la jornada de sacrificio se obtuvo un pH más ácido.

El oxígeno disuelto tuvo mayor variación, en el inicio y final de la jornada se observó hasta 17.26 mg/L y en medio bajó hasta 4.77 mg/L, la media fue de 10.12 mg/L (Cuadro 7) y la desviación promedio de 3.42 mg/L. Este comportamiento se debe a la temperatura y pH, que estuvieron más bajos que en las jornadas de sacrificio, pero el agua tuvo mayor agitación.

La turbidez promedio fue de 250 NTU (Cuadro 7), con una desviación de 131 NTU. Se observó un máximo de 450 NTU a mitad de la jornada, que se pudo atribuir a un mayor caudal que agitó el agua estancada en las trampas de grasa y sangre. La jornada finalizó con un mínimo de 38 NTU. Con este valor promedio de turbidez no es permitido depositar esta agua residual en la quebrada.

El análisis de DBO resultó en 180.95 mg/L y el de DQO en 376.12 mg/L (Cuadro 7), con una relación de 2.07. Las grasas contenidas en el agua residual y la agitación de las trampas limitan su deposición en el cuerpo receptor.

Cuadro 7. Características del agua residual de una jornada de desposte de reses en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	2.36 m ³
Sólidos suspendidos	64.0 mg/L
Temperatura	21.8 °C
PH	6.51
Oxígeno disuelto	10.12 mg/L
Turbidez	250 NTU
D.B.O.	180.95 mg/L
D.Q.O.	376.12 mg/L

4.1.3.2 Desechos sólidos de una jornada de desposte de reses en Industrias Cárnicas. Los desechos fueron 364.0 kg (0.5914 m³) de huesos y 192.6 kg (0.0952 m³) de sebo y desperdicios de carne, que constituyen el 31.1% del peso total de las canales. Un tercio de la cantidad de desechos producidos en el sacrificio de las mismas reses y un poco más de los desperdicios del sacrificio de cerdos.

4.1.4 Jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas

Por factores logísticos los cerdos sacrificados se despostan al siguiente día. Se desposta la canal completa en una sola jornada, que dura hasta el mediodía, dependiendo de la cantidad de canales disponible.

El peso de las canales frías, previo desposte, resultó un 6.5% menos que el de la canal caliente, con un valor de 64.5 kg por cerdo.

4.1.4.1 Desechos líquidos de una jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas. Los desechos líquidos estuvieron constituidos en su mayoría por el agua sobrante de labores de limpieza de equipo y operarios.

El volumen de descarga durante el desposte fue de 5.34 m³, con una desviación de 2.30 m³ (Cuadro 8), que indican un gasto de 4.87 L por kg de cerdo despostado. La jornada empezó y finalizó con picos de hasta 1.858 L/s, y durante el proceso se desperdició poca agua, hubo momentos en que no se observó un flujo significativo.

Los sólidos suspendidos resultaron en 27.5 mg/L (Cuadro 8), un poco más de la cuarta parte de los sólidos que resultaron en el sacrificio, y menos que en el desposte de reses; se puede atribuir al menor tamaño de las canales, y por lo tanto menos sangre, grasa y heces en el agua residual.

La temperatura permaneció constante en 21.8 °C (Cuadro 8), con una desviación estándar de 1.1 °C. Los valores oscilaron entre 23.9 °C y 20.2°C al final de la jornada, cuando el ambiente esta frío y el lavado baja la temperatura del agua.

El pH fue un poco ácido, con una media de 6.62 (Cuadro 8), y una desviación de 0.82. En general se mantuvo entre 7.05 y 6.30. Se puede atribuir estos valores a la presencia de grasa en el agua residual.

El oxígeno disuelto se mantuvo cerca de 7.47 mg/L (Cuadro 8), con una desviación de 1.68 mg/L. Con picos de 9.66 mg/L y un mínimo de 5.14 mg/L. La variación fue baja igual que el pH y la temperatura.

La turbidez promedio fue de 184 NTU (Cuadro 8), principalmente influida por la cantidad de sedimentos en las trampas de sangre y grasa, se observó una desviación de 59 NTU. La mayor turbidez observada fue de 300 NTU al inicio y final de la jornada por agitación de las trampas de grasa y heces, la menor fue de 80 NTU a mediados de la jornada cuando el caudal es casi insignificante.

La DBO resultó casi igual que en el desposte de reses: 176.30 mg/L, al igual que la DQO que dio un valor de 352.70 mg/L (Cuadro 8). Esto da una relación de 2.83, que indica que hubo poca materia degradable fácilmente, y limita su deposición en el cuerpo receptor.

Cuadro 8. Características del agua residual de una jornada de desposte de cerdos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	5.34 m ³
Sólidos suspendidos	27.5 mg/L
Temperatura	21.8 °C
PH	6.62
Oxígeno disuelto	7.47 mg/L
Turbidez	184 NTU
D.B.O.	176.30 mg/L
D.Q.O.	352.70 mg/L

4.1.4.2 Desechos sólidos de una jornada de desposte de cerdos en Industrias Cárnicas. Se encontró que se desecha 189.8 kg (0.1847m^3) de huesos y 133.4 kg (0.0684m^3) de sebo y desperdicios por cada jornada. Esto constituye un 29.3% del peso de las canales frías. Casi igual al peso y volumen de los desechos del sacrificio de los mismos cerdos.

4.1.5 Jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas

Los embutidos se elaboran todas las tardes, dejando únicamente labores de escaldado y ahumado para la mañana del siguiente día.

El tipo de embutidos producidos varió según los pedidos del Puesto de ventas y el comedor estudiantil, pero la cantidad de materia prima procesada oscila entre 45 y 67.5 kg de carne, con un valor normal de 45 kg; los que se elaboran en dos tandas para facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

4.1.5.1 Desechos líquidos de una jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas. Los desechos líquidos de esta jornada se caracterizaron por el agua residual de la limpieza inicial y final de los equipos, además del agua utilizada para escaldar y enfriar los embutidos.

El volumen total promedio fue de 3.49m^3 (Cuadro 9), con una desviación de 1.10m^3 . La relación fue de 77 L por kg de embutido elaborado. Hubo momentos del proceso en que no se utilizó agua, pero al final de la jornada se observó hasta 0.993 L/s.

El análisis de sólidos suspendidos resultó en 49.0 mg/L (Cuadro 9), casi igual que en una jornada de desposte. Este parámetro está influido por la cantidad de grasa presente en el agua residual y la agitación de las trampas de grasa y sangre.

La temperatura varió poco, el promedio fue de 23.3°C (Cuadro 9), con una desviación de 1.1°C . Toda la jornada se mantuvo entre 24.9°C y 22.2°C .

Las grasas y aditivos usados en la elaboración de embutidos mantuvieron el pH cerca de la neutralidad, con un promedio de 6.93 (Cuadro 9), una desviación de 1.41, muy poco variable con un máximo de 9.43 y un mínimo de 4.65.

El oxígeno disuelto también se mantuvo en una media de 8.76 mg/L (Cuadro 9), se calculó una desviación de 1.43 mg/L. Un máximo de 9.45 mg/L y un mínimo de 4.65 mg/L. Los valores variaron según el pH y la temperatura.

El menor grado de turbidez se observó al inicio, en 6 NTU, cuando el caudal fue poco; luego, al final de la jornada alcanzó hasta 300 NTU. La media fue de 121 NTU (Cuadro 9), con una desviación de los datos promedio de 100 NTU.

La DBO fue casi igual que en cualquiera de las actividades de la planta, con una media de 162.80 mg/L, la DQO resultó en 350.56 mg/L (Cuadro 9), como en una jornada de desposte. La relación fue de 2.15.

Cuadro 9. Características del agua residual de una jornada de producción de embutidos en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	3.49 m ³
Sólidos suspendidos	49.0 mg/L
Temperatura	23.3 °C
pH	6.93
Oxígeno disuelto	8.76 mg/L
Turbidez	121 NTU
D.B.O.	162.80 mg/L
D.Q.O.	350.56 mg/L

4.1.5.2 Desechos sólidos de una jornada de producción de embutidos en Industrias Cárnicas. Durante el proceso los operarios procuran limpiar el sobrante de las paredes de las máquinas, y se utiliza como reproceso en la siguiente tanda de embutidos.

En el empaqueo al vacío, dos veces a la semana, se desechan 1.5 kg de bolsas de empaques, cuyo volumen sin compactar es de 0.0263 m³, mientras que compactado se reduce hasta un tercio (0.0088 m³).

A ese ritmo de producción se calculó 78 kg (0.4576 m³) de plásticos desechados que van al relleno sanitario.

4.1.6 Jornada de sábado en Industrias Cárnicas

El día sábado se dedica a la limpieza de toda la planta. Algunas veces se realiza con ayuda de estudiantes, otras por los empleados únicamente, por ello el tiempo de duración depende de la cantidad de personas que la realicen.

4.1.6.1 Desechos líquidos de una jornada de sábado en Industrias Cárnicas

Casi la totalidad del agua consumida en este día se utilizó para la limpieza general de la planta, que comprendió todas las áreas, incluyendo área de proceso, de empleados y corrales.

El volumen promedio de agua desechada fue de 5.13 m^3 (Cuadro 10), con una desviación de 3.55 m^3 , debida a la presencia de los estudiantes. Si el área total de la planta es de $1,056 \text{ m}^2$, sin incluir el área de oficina (24 m^2), tenemos que hubo un gasto de 4.97 L/ m^2 . Este valor también es alto, comparado con 1.5 L/ m^2 utilizados en la industria. Se observó un máximo de 2.062 L/s , cuando se limpió con la ayuda de estudiantes. El día que fue realizada por empleados hubo momentos en que no hubo agua residual debido a que detienen las labores para desayunar.

Los sólidos suspendidos resultaron en 74.0 mg/L (Cuadro 10), mayor que en las jornadas de desposte o producción de embutidos, pero casi la mitad de los resultados en una jornada de sacrificio.

La temperatura se mantuvo entre $22.5 \text{ }^\circ\text{C}$ y $20.5 \text{ }^\circ\text{C}$, con una media de $21.2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Cuadro 10), y una desviación estándar de $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$. Las máximas temperaturas se observaron al inicio de la jornada cuando se mezcló agua con vapor para facilitar la limpieza de restos de grasa sobrantes del sacrificio del viernes. Los mínimos resultaron al final, cuando se limpió los cuartos fríos.

El pH promedio fue de 9.22 (Cuadro 10), con una mínima desviación de 2.11. El mayor fue de 12.20 y el menor de 7.15. Esta basicidad del agua residual se debe al contenido de detergente usado en labores de limpieza.

El oxígeno disuelto promedio fue de 10.94 mg/L (Cuadro 10), con una desviación de 3.11 mg/L . Se inició la jornada con 5.87 mg/L y llegó hasta 14.08 mg/L . Esta concentración pudo ser influida tanto por la temperatura como por las condiciones químicas del agua, aunque en general se comportó dentro de lo normal.

La mayor turbidez, 750 NTU , se alcanzó al inicio de la jornada cuando se agitó el agua de las trampas de grasa y sangre caracterizándose por un color café oscuro, luego disminuyó hasta 100 NTU , con una abundancia de espuma. En promedio fue de 342 NTU (Cuadro 10), con una desviación de 210 NTU .

La DBO fue menor que en cualquiera de las jornadas: 114.75 mg/L , al igual que la DQO con 251.20 mg/L (Cuadro 10). Se obtuvo una menor relación: 2.19.

Cuadro 10. Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	5.13 m ³
Sólidos suspendidos	74.0 mg/L
Temperatura	21.2 °C
PH	9.22
Oxígeno disuelto	10.94 mg/L
Turbidez	342 NTU
D.B.O.	114.75 mg/L
D.Q.O.	251.20 mg/L

4.1.6.2 Desechos sólidos de una jornada de sábado en Industrias Cárnicas. En esta jornada no hubo desperdicios significativos, ya que no se procesó materia prima, los únicos residuos sólidos fueron los recipientes de los detergentes que tienen una rotación de dos meses y son aprovechados para manejo de residuos ó llevados por los operarios para su hogar.

Los desechos sólidos del área de oficinas y empleados fueron 0.5 kg por día de materiales diversos (papel, restos de comida, plásticos y otros), con un volumen sin compactar de 0.009 m³ que compactado se redujo hasta 0.006 m³.

4.1.7 Resumen de la planta de Industrias Cárnicas

Aunque los valores fueron parecidos, de todas las operaciones realizadas en la planta los mayores volúmenes de descarga se observaron durante el sacrificio, de los cuales el de cerdos fue mayor porque requiere la limpieza de más animales. Lo mismo ocurrió en el desposte (Cuadro 11).

Por su grado de contaminación fisico-química sólo el agua residual del desposte de cerdos y de la producción de embutidos es apta para ser depositada en el cuerpo receptor o utilizada para riego de cultivos. El agua residual del desposte de reses y del sacrificio de cerdos presenta problema con su turbidez y la de limpieza general con su pH. La sobrante del sacrificio de reses tiene problemas de sólidos suspendidos y turbidez (Cuadro 11).

En cuanto a la contaminación bioquímica ningún tipo de agua residual resultó apto para su deposición o uso posterior (Cuadro 11). La mayor contaminación se presentó en las jornadas de sacrificio siendo aguas difíciles de tratar. Las aguas residuales de desposte, producción de embutidos y limpieza presentaron bajas relaciones DQO/DBO.

Cuadro 11. Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Actividad	Volumen de descarga (m ³)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	D.B.O. (mg/L)	D.Q.O. (mg/L)
Sacrificio de reses	5.87	130.0	22.4	8.11	286	7.55	119.40	367.40
Sacrificio de cerdos	7.27	104.5	23.1	13.31	294	6.98	178.00	596.62
Desposte de reses	2.36	64.0	21.8	10.12	250	6.51	180.95	376.12
Desposte de cerdos	5.34	27.5	21.8	7.47	184	6.62	176.30	352.70
Producción de embutidos	3.49	49.0	23.3	8.76	121	6.93	162.80	350.56
Sábado	5.13	74.0	21.2	10.94	342	9.22	114.75	251.20

Cuadro 12. Desechos producidos al año por la planta de Industrias Cárnicas de Zamorano.

Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)	Destino
Estiércol	12,126.4	19.240	19.240	Desagüe
Huesos	39,197.6	40.3572	40.3572	Relleno sanitario
Estiércol	26,093.6	41.6988	41.6988	
Extremidades	19,567.6	28.6988	28.6988	
Sebo	16,952.0	8.5072	8.5072	
Visceras	12,542.4	24.5856	24.5856	
Pelos, pezuñas y otros	1,955.2	3.1096	3.1096	
Varios (oficina)	182.5	5.4750	2.1900	
Plásticos	156.0	2.7352	0.9152	
Total	128,773.3	157.0914	151.9864	

En el total de desechos del año los huesos son la mayor parte, casi un 30% (Cuadro 12). Si se añaden las extremidades llegan hasta un 45%. Aproximadamente un tercio del estiércol generado se va por el desagüe cuando lavan los corrales de espera, el resto es transportado al relleno sanitario al final de cada jornada. Las densidades del estiércol variaron según su contenido de agua.

4.2 INDUSTRIAS HORTOFRUTICOLAS

Esta planta no tiene una línea de materia prima definida. La extracción de productos base (pulpas, purés y extractos) depende de la materia prima disponible en la época. Mientras que la cantidad de producto terminado (café, maní, jaleas, mermeladas, concentrados, encurtidos y salsas) depende de la capacidad de los cuartos fríos y los pedidos que determinan el puesto de ventas y el comedor estudiantil.

Los productos se concentran en los elaborados a partir de naranjas, cuya cosecha comprende desde Noviembre hasta Marzo; mangos, desde Junio hasta Agosto y guayabas, desde Octubre hasta Noviembre. Los tomates, moras, ajos, café, maní y vegetales se procesan a lo largo del año según la producción programada por el departamento de horticultura y las cantidades que haya disponibles en almacén.

4.2.1 Jornada normal en Industrias Hortofrutícolas

Una jornada normal empieza a las 6:30 de la mañana y se extiende hasta las 10:30, cuando los operarios toman un receso de dos horas para continuar labores hasta las 4:00 de la tarde.

4.2.1.1 Desechos líquidos de una jornada normal en Industrias Hortofrutícolas.

Los desechos líquidos estuvieron constituidos por el agua sobrante del lavado de la materia prima a su recibo, limpieza de equipo utilizado durante los procesos y pequeñas cantidades sobrantes de la operación de la caldera de vapor.

El volumen promedio diario observado fue de 6.83 m³ (Cuadro 13), con una desviación de 1.31 m³. Hubo periodos en que no se utilizó agua, especialmente en el receso de mediodía, al final de la jornada se alcanzó un caudal máximo de 2.290 L/s debido a labores de limpieza.

Los sólidos suspendidos resultaron en 16.0 mg/L (Cuadro 13), valor bajo debido a que los desechos está constituidos principalmente por los residuos de materiales que caen al piso durante el proceso.

La temperatura se mantuvo en 26.6 °C (Cuadro 13), con una desviación de 2.6 °C. Se empezó con un mínimo de 23.3 °C, la máxima se midió al final de la jornada cuando se limpió equipo con agua caliente para remover restos de azúcar llegando a 39.2 °C.

El promedio del pH fue de 5.76 (Cuadro 13), con una desviación de 0.92. Un máximo de 7.20, cuando era agua pura derramada, y un mínimo de 3.95. Este pH se puede atribuir a los jugos de frutas o vegetales derramados durante el proceso.

La media de oxígeno disuelto fue de 7.87 mg/L (Cuadro 13), y 0.56 mg/L su desviación. El máximo fue de 8.69 mg/L y el mínimo 6.01 mg/L. Esto indica que el agua residual no cambia en su capacidad para retener oxígeno a lo largo de la jornada. La acidez le da poca capacidad de retención de oxígeno al agua residual, por lo tanto habrá menos oxígeno disponible para los organismos que habiten en ese medio.

La turbidez promedio fue de 54 NTU (Cuadro 13), con una alta desviación: 53 NTU. Uno de los días se llegó hasta 250 NTU debido a que se procesó moras, y el color morado dominó el agua residual, aunque el mínimo de 5 NTU se puede considerar un valor normal.

La DBO de esta agua residual fue baja: 87.35 mg/L, ya que hubo poca materia orgánica en el agua; la DQO también: 150.48 mg/L (Cuadro 13). La relación fue de 1.72. Estos resultados indican que es un agua con un contenido de materia orgánica muy lentamente oxidable, que consumirá mucho oxígeno en su descomposición.

Según los registros de Superintendencia de Servicios, el consumo de agua cambió según las cantidades de producción diaria y está aumentando con el tiempo. Así para 1997 fue de 7.69 m³, en 1998 aumentó hasta 11.92 m³ y en 1999 se ha llegado a un promedio de 16.20 m³. En este año el consumo ha variado desde 0.8 m³ hasta 169.90 m³ en una jornada.

Cuadro 13. Características del agua residual de una jornada normal en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	6.83 m ³
Sólidos suspendidos	16.0 mg/L
Temperatura	26.6 °C
pH	5.76
Oxígeno disuelto	7.87 mg/L
Turbidez	54 NTU
D.B.O.	87.35 mg/L
D.Q.O.	150.48 mg/L

4.2.1.2 Desechos sólidos de una jornada normal en Industrias Hortofrutícolas.

Durante el año el mango se recibió en lotes promedio de 250 kg, para un total de 2,548.6 kg. La desviación de los lotes fue hasta de 109.9 kg. Las naranjas se procesaron 837.4 kg por lote promedio, con una desviación de 611.1 kg y un total de 5,049.5 kg. Los tomates se procesaron en lotes de 688.6 kg, con variaciones de hasta 604.1 kg, para un total de 12,812.5 kg. El total de guayabas procesadas fue 1,213.0 kg en lotes de 25 kg. El total de café procesado 2,545.5 kg. Las hortalizas (Pepinillos, cebollas, chile y zanahorias) 1,300 kg, en lotes de 11 kg cada una. Y otros productos procesados fueron: coconas: 162.4 kg, maracuyá: 147.3 kg.

El mango se aprovechó en un 78.6%, de los cuales 7% fueron frutos dañados. El aprovechamiento de la naranja fue del 74.8%, aunque el un 2.1% fueron frutas dañadas. La guayaba se aprovechó en un 43.0%, el 9% eran frutos dañados (Cuadro 14).

El residuo sólido más representativo de esta planta fueron los provenientes del procesamiento de mangos, con casi 200 kg por lote, de los cuales el 60 % son cáscaras y semillas. Las cáscaras de naranja también constituyen una cantidad significativa (Cuadro 14).

El porcentaje de frutos dañados varió desde 0.5% en el procesamiento de tomates hasta un 10.4% en las guayabas, donde se debería exigir mejor calidad en los frutos recibidos (Cuadro 14).

La fuente de desechos sólidos en la elaboración y envasado de los productos es el empaque utilizado para el almacenamiento de los purés y pastas (Cuadro 14).

4.2.2 Jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas

Los sábados, al igual que la planta de Industrias Cárnicas, se dedican a la limpieza de la planta, aunque en épocas de alta producción se aprovecha para procesar algún excedente de materia prima. El aseo de la planta comprende el área de proceso, 246.5 m².

4.2.2.1 Desechos líquidos de una jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas.

Debido a que la jornada comprendió limpieza general, el agua residual estuvo constituida por sobrantes de esa actividad, las características del agua residual dependieron del detergente y cantidad de agua usada.

Cuadro 14. Desechos sólidos, según cantidades procesadas por lote diario en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.

Proceso	Etapas del proceso	Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)
Puré de Tomate	Recibo	Frutos dañados	3.4	0.0033	0.0033
Pulpa De Mango	Recibo	Frutos dañados	17.5	0.0175	0.0175
	Extracción	Cáscaras y semillas	116.5	0.1325	0.1325
		Pulpa	62.5	0.0275	0.0275
Puré de Guayaba	Recibo	Frutos dañados	2.6	0.0077	0.0077
	Extracción	Semillas y pulpa	8.5	0.0250	0.0250
Jugo de Naranja	Recibo	Frutos dañados	5.1	0.0235	0.0235
	Extracción	Cáscaras	165.3	0.7160	0.7160
		Semillas y pulpa	9.5	0.0098	0.0098
Encurtidos y salsas	Corte y pelado	Cáscaras de hortalizas	0.7	0.0006	0.0006
Línea seca	Envasado	Bolsas plásticas	0.3	0.0108	0.0036
Elaboración Y envasado	Elaboración	Cartón encerado	1.4	0.01173	0.0112
		Bolsas plásticas	1.7	0.0612	0.0204
Oficinas	Laboratorio	Papel toalla	0.45	0.0012	0.0006
	Adminis-tración	Papel	0.3	0.0090	0.0030
		Otros materiales*	0.10	0.0003	0.0002

El volumen de descarga fue de 3.11 m³ (Cuadro 15), con una desviación de 1.23 m³. Se desechó 12.6 L por metro cuadrado de limpieza, casi diez veces lo necesario según Asdruballi (1969). La jornada empezó con un caudal mínimo de 0.016 L/s y los picos máximos se lograron a media jornada con caudales de hasta 0.942 L/s. Esta cantidad de agua también es baja comparada con las demás plantas ya que el tipo de material procesado es más fácil de eliminar del equipo.

Los sólidos suspendidos resultaron parecidos a los de una jornada normal: 22.0 mg/L (Cuadro 15).

La temperatura se mantuvo constante, con un promedio de 23.8 °C (Cuadro 15) la desviación observada fue de 2.9 °C. Se observó un máximo de 25.6 °C, cuando aumentó el calor del día y un mínimo de 14.8 °C, cuando se limpió un cuarto frío.

El pH promedio fue de 5.47 (Cuadro 15), con una desviación de 1.05. El máximo fue de 7.15, cercano al agua normal y un mínimo de 3.20 al final de la jornada por el uso de un detergente ácido.

El oxígeno disuelto se mantuvo constante en 9.04 mg/L (Cuadro 15), con una desviación de 1.23 mg/L. En general varió entre 10.42 mg/L y 6.98 mg/L. Su comportamiento fue casi igual al de la temperatura y el pH.

La turbidez promedio fue de 48 NTU (Cuadro 15), con una alta desviación: 45 NTU. Se observó hasta 150 NTU cuando se procesó un poco de mora y un mínimo de 6 NTU cuando se enjuagó al final de la jornada.

El DBO resultó casi el triple de una jornada normal 246.40 mg/L, la DQO también subió hasta 288.70 mg/L (Cuadro 15). Esto indica que hubo un poco menos materia orgánica fácilmente degradable ya que la relación bajó a 1.17, casi igual que un agua residual de origen doméstico.

Cuadro 15. Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	3.11 m ³
Sólidos suspendidos	22.0 mg/L
Temperatura	23.8 °C
PH	5.47
Oxígeno disuelto	9.04 mg/L
Turbidez	48 NTU
D.B.O.	246.40 mg/L
D.Q.O.	288.70 mg/L

4.2.2.2 Desechos sólidos de una jornada de sábado en Industrias Hortofrutícolas. Igual que en la planta de Industrias Cárnicas los desechos de una jornada de limpieza son insignificantes. La diferencia está en que en esta planta se maneja el detergente en bolsas con la cantidad de detergente a usar en el área, como una forma de controlar su uso.

4.2.3 Resumen de la planta de Industrias Hortofrutícolas

Se gasta el doble de agua en la jornada normal, por lo que se podría afirmar que el proceso de limpieza consume igual cantidad que cualquier día. Pero esta agua dependerá de la cantidad y la limpieza que presente la materia prima (Cuadro 16).

Los parámetros físico-químicos del agua residual no variaron en la semana. La DBO y la DQO se aumentaron para la jornada de limpieza, por los detergentes utilizados.

Cuadro 16. Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.

Actividad	Volumen de descarga (m ³)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	D.B.O.	D.Q.O.
Jornada Normal	6.83	16.0	26.6	7.87	250	5.76	87.35	150.48
Jornada de Sábado	3.11	22.0	23.8	9.04	48	5.47	246.40	288.70

Cuadro 17. Desechos sólidos producidos por año en la planta de Industrias Hortofrutícolas de Zamorano.

Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)	Destino
Cáscaras y semillas de mango	1,187.6	1.3508	1.3508	Compostera
Cáscaras de naranja	996.8	4.3175	4.3175	
Pulpa de mango	637.2	0.2803	0.2803	
Semillas y pulpa de guayaba	412.4	1.2130	1.2130	
Mangos dañados	178.4	0.1784	0.1784	
Guayabas dañadas	126.2	0.3736	0.3736	
Cáscaras de hortalizas	82.7	0.0709	0.0709	
Tomates dañados	63.3	0.0614	0.0614	
Semillas y pulpa de naranja	57.3	0.0591	0.0591	
Naranjas dañadas	30.8	0.1417	0.1417	
Bolsas plásticas	459.6	16.5456	5.5152	Relleno sanitario
Cartón encerado	352.8	2.9560	2.8224	
Papel toalla	23.4	0.0624	0.0312	
Papel	15.6	0.4680	0.1560	
Otros materiales*	5.2	0.0156	0.0104	
Total	4,629.3	28.0943	16.5819	

Aunque la cantidad de naranjas procesadas al año fue más del doble, el total de desechos resultan más del proceso de mango, de los cuales sólo las cáscaras y semillas constituyeron la cuarta parte de los desechos producidos por la planta. Si se agregan los demás tipos de residuos tenemos que casi el 45% de los desechos son de mango que se utilizaron para compostera.

De los desechos que terminaron en el relleno sanitario los plásticos y el cartón encerado son la mayor cantidad, que fueron el 95% de los desechos de ese tipo (Cuadro 17).

4.3 INDUSTRIAS LACTEAS

Esta planta recibe diariamente leche de la sección de ganado lechero. Las actividades de producción se concentran de lunes a viernes, y en caso necesario los sábados.

4.3.1 Jornada normal en Industrias Lácteas

La jornada normal es continua desde las 7:00 de la mañana hasta que terminen los procesos, generalmente hasta las 3:00 de la tarde.

Los días muestreados incluyeron producción y lavado de quesos, elaboración y envasado de mezclas de yogur y helado, y elaboración de mantequilla. Además de las labores de rutina: recibo de leche, lavado inicial y final y despacho de productos al comedor y puesto de ventas.

4.3.1.1 Desechos líquidos durante una jornada normal en Industrias Lácteas. Las fuentes de aguas residuales fueron el agua utilizada en el lavado de equipo y pisos, condensación de los cuartos fríos y la usada en procesos de enfriado y calentamiento.

Se calculó un volumen promedio de descarga de 38.69 m^3 (Cuadro 18), con una desviación de 2.13 m^3 por día. El recibo de leche diario promedio fue de 2.05 m^3 , esto implica un gasto de 18.16 L de agua por litro de leche recibido que comparado con lo citado por Gösta (1996) es más de ocho veces de lo necesario.

El caudal máximo estuvo cerca de los 4.637 L/s, debido a la limpieza final, y un mínimo de 0.121 L/s debido a la condensación de agua en los cuartos fríos cuando no se realizó ninguna operación. El incremento en el caudal de descarga al medio de la jornada, se debe al cambio de grupo de estudiantes que implica finalizar tareas específicas.

El análisis de sólidos suspendidos resultó en promedio en 445.0 mg/L (Cuadro 18), su valor depende de la leche o productos derramados en el piso, y los residuos dejados en la maquinaria después de procesar los productos.

La temperatura media osciló cerca de los $27.8 \text{ }^\circ\text{C}$ (Cuadro 18) con un valor máximo de $34.5 \text{ }^\circ\text{C}$ cuando se lavó el piso con agua caliente, y un mínimo de $24.5 \text{ }^\circ\text{C}$. La desviación estándar fue de $2.46 \text{ }^\circ\text{C}$.

El pH también fue influido por el tipo de productos que se elaboraron durante la jornada. El promedio resultó 5.99 (Cuadro 18), con una desviación estándar de 1.29. El máximo se observó en 9.95, al final de la jornada, por el tipo de detergente usado; y el mínimo en 4.35 cuando se envasó crema ácida y yogur. El pH del agua residual se elevó cada vez que se lavó el equipo al final de cada proceso.

El promedio de oxígeno disuelto resultó alrededor de 9.36 mg/L (Cuadro 18), con desviación de 2.70 mg/L. Los valores estuvieron entre 5.82 mg/L y 13.85 mg/L. En este caso estuvo fuertemente influido por la turbulencia con que se maneja el agua dentro de la planta y de las desviaciones que tiene la tubería hasta llegar al punto donde se tomó la muestra; otros factores que influyen son la temperatura y el pH del agua.

La turbidez se observó dominada por los colorantes usados en los diferentes productos. Así, el amarillo para quesos, se desprendió durante un lavado de los mismos; además de otros colores dominantes, como la cocoa usada para la preparación de leche con chocolate. Se pudo observar mayor turbidez al inicio de la jornada, debido al proceso de recibo de leche que requiere agua como mecanismo de transporte a través de las tuberías, y por lo tanto implica pérdidas de leche en el agua residual. Los valores oscilaron entre 5 y 2000 NTU con un promedio de 335 NTU (Cuadro 18) y una alta desviación estándar: 311 NTU.

La DBO resultó en 112.50 mg/L. La DQO se observó en 265.14 mg/L (Cuadro 18). Esto da una relación de 2.36.

Cuadro 18. Características del agua residual de una jornada normal en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	38.69 m ³
Sólidos suspendidos	445.0 mg/L
Temperatura	27.8 °C
pH	5.99
Oxígeno disuelto	9.36 mg/L
Turbidez	335 NTU
D.B.O.	112.50 mg/L
D.Q.O.	265.14 mg/L

4.3.1.2 Desechos sólidos durante una jornada normal en Industrias Lácteas. La leche fluida se envasó en tandas de 400L, las mezclas por lotes de 115 kg y los quesos 775.3 kg promedio. Otros productos no presentan una producción continua, como el dulce de leche y el yogur líquido.

El mayor volumen de los desechos sólidos estuvo constituido por bolsas plásticas, tanto las desechadas en el envasado de leche como las usadas en el almacenamiento y empaque de quesos. En cuanto a peso la mayor cantidad de desechos son las orillas de los quesos madurados (Cuadro 19).

Cuadro 19. Desechos sólidos según cantidades procesadas diarias en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

Proceso	Etapas del proceso	Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)
Leche fluida	Envasado	Bolsas de empaque	3.50	0.0240	0.0120
Proceso de yogur/helado	Envasado	Vasitos	0.33	0.0090	0.0040
		Papel de etiquetas	0.05	0.0080	0.0020
Quesos	Elaboración	Cuajos	0.68	0.0025	0.0025
	Limpieza	Orillas de queso	6.00	0.0075	0.0070
		Bolsas plásticas	1.00	0.0360	0.0120
Oficina y área de Empleados		Papel húmedo	0.20	0.0060	0.0020
		Envases	0.25	0.0062	0.0025
		Otros materiales	0.01	0.0001	0.0001
Laboratorio (día)		Papel toalla	0.45	0.0022	0.0011
		Vidrios	0.40	0.0005	0.0018
		Otros	0.10	0.0003	0.0002

El cuadro anterior no incluye los residuos que se quedan en las paredes de los recipientes de proceso y transferencias (Yogos, marmitas). De acuerdo a lo observado los desechos generados por transferencias al comedor son insignificantes. Según registros contables, las cantidades promedio de queso reprocesado son 174.1 kg, con una frecuencia semanal. Una vez se eliminó toda una tanda de producción de quesos porque la leche tenía antibióticos.

4.3.2 Jornada de sábado en Industrias Lácteas

Los sábados se realizan procesos pendientes y limpieza general de la planta. Las muestras tomadas incluyeron procesos como elaboración de mezclas, limpieza de quesos, envasado y despacho de productos.

4.3.2.1 Desechos líquidos durante una jornada de sábado en Industrias Lácteas.

El promedio de descarga resultó casi la mitad de un día normal, 16.00 m³ (Cuadro 20), con una desviación de 5.49 m³. Esta alta variación se debió a que las actividades del sábado varían dependiendo de lo producido en la semana. El mínimo caudal, 0.028 L/s, se pudo observar cuando no había ninguna llave abierta. En una de las mañanas muestreadas hubo poca producción, por lo que las labores de limpieza se concentraron en las primeras horas de la mañana con caudales de hasta 5.37 L/s, mientras que el otro día el máximo caudal se presentó hasta el final de la jornada.

Los sólidos suspendidos resultaron en 278.0 mg/L, menos que en una jornada normal (Cuadro 20). Este factor que se puede atribuir a una cantidad menor de desperdicios por cantidad de agua residual.

La temperatura se mantuvo constante durante la jornada de sábado, en 26.7 °C (Cuadro 20), con desviación estándar de 5.7 °C. Presentó una elevación al final hasta 34.5 °C debido al uso de agua caliente para remover algunos residuos de leche del equipo. El mínimo observado fue de 24.5°C.

Los detergentes usados en la limpieza final de equipos también influyeron en el pH del agua residual. Esta vez la media estuvo un poco más alto: 7.06 (Cuadro 20) con muy poca variación, de 1.64. El máximo fue de 10.25 y el mínimo de 5.25

Con un valor medio de 8.68 mg/L (Cuadro 20), el oxígeno disuelto resultó un poco más bajo que el de una jornada normal. La desviación de los valores fue de 1.23 mg/L, fluctuando entre 5.56 mg/L y 10.57 mg/L. También presentó menos variación, por lo que se podría afirmar que estuvo influido por la temperatura del agua residual.

La turbidez se mantuvo relativamente constante, con un valor normal entre 28 y 500 NTU, a excepción del momento en que se lavaron quesos cuando los valores llegaron hasta 2,000 NTU. El promedio fue de 322 NTU (Cuadro 20) y se calculó una desviación de 259 NTU.

Cuadro 20. Características del agua residual de una jornada de sábado en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Caudal	1.185 L/s
Sólidos suspendidos	278.0 mg/L
Temperatura	26.7 °C
pH	7.06
Oxígeno disuelto	8.68 mg/L
Turbidez	322 NTU
D.B.O.	107.60 mg/L
D.Q.O.	222.22 mg/L

La DBO resultó en promedio 107.60 mg/L, mientras que la DQO en 222.22 mg/L; esto indica una relación de 2.07, que nos indica que hubo menos cantidad de materia orgánica fácilmente degradable que en una jornada normal (Cuadro 20).

4.3.2 Desechos sólidos durante una jornada de sábado en Industrias Lácteas.

Los desechos sólidos de esta jornada no fueron significativos, la limpieza se realizó con detergentes cuyos recipientes se desechan aproximadamente cada mes, y pueden ser reutilizados, por lo que no constituyen un problema.

4.3.3 Resumen de la planta de Industrias Lácteas

Durante las jornadas de producción normal se desechó mayor cantidad de agua y la concentración de sólidos también fue mayor. La temperatura, el oxígeno y la turbidez mostraron valores similares. El pH resultó más alto el sábado por la cantidad de detergente utilizado. Ese mismo día se redujo el consumo de oxígeno para la oxidación de la materia orgánica (Cuadro 21).

Cuadro 21. Características del agua residual de las diferentes operaciones realizadas en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

Actividad	Caudal (m ³)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	D.B.O.	D.Q.O.
Jornada Normal	38.69	445.0	27.8	9.36	335	5.99	112.50	265.14
Jornada de Sábado	16.00	278.0	26.7	8.68	322	7.06	107.60	222.22

Las frecuencias promedio de elaboración de los productos fueron: leche fluida se envasó dos veces por semana, las mezclas cada 1.5 días. Los quesos se elaboraron cada dos días y se empacaron cada tres días.

De la cantidad anual de desechos de esta planta las orillas de queso representaron el mayor peso, las cuales en ocasiones se reprocessan si el contenido de hongos no es alto. El mayor volumen de desechos fueron los plásticos y recipientes de productos encontrados tanto en el área de administración como de proceso (Cuadro 22).

Cuadro 22. Desechos sólidos producidos por año en la planta de Industrias Lácteas de Zamorano.

Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)	Destino
Orillas de queso	730.0	0.9125	0.8517	Reproceso
Bolsas de empaque	364.0	2.4960	1.2480	Relleno sanitario
Recipientes de productos	171.6	4.4530	1.8858	
Papel toalla	164.3	0.8030	0.4015	
Vidrios	146.0	0.1825	0.6570	
Cuajos	124.1	0.4562	0.4562	Desagüe
Bolsas plásticas	121.7	4.3800	1.4600	Relleno sanitario
Papel húmedo	73.0	2.1900	0.7300	
Papel de etiquetas	12.2	1.9467	0.4867	
Otros materiales	40.2	0.1460	0.1095	
Total:	1,947.1	17.9659	8.2864	

4.4 PLANTA DE PROCESAMIENTO DE GRANOS

La producción de pan empieza a las 5:30 de la mañana y finaliza generalmente alrededor de las 7:30, cuando se enfría el producto. Regularmente se elaboran galletas después de haber elaborado el pan.

4.4.1 Desechos líquidos de la planta de Procesamiento de Granos

Debido a la escala de producción, el gasto de agua fue poco comparado con las demás plantas. La mayor cantidad de agua gastada fue en el lavado de recipientes: 65.4 L, el llenado de la bandeja del fermentador y la preparación de la solución de cloro son las actividades con menor gasto de agua, con casi dos litros cada una. El promedio de agua desechada fue 153.19 L (Cuadro 23). Esto significa que se gastarían 11.2 m³ de agua por cada tonelada de pan producido, que es casi tres veces lo desechado por la industria.

Los sólidos suspendidos resultaron 40.0 mg/L, y estuvieron constituidos principalmente por harina (Cuadro 23).

La temperatura fue constante, 28.3°C en promedio (Cuadro 23), desviación de 4.1 °C. Subió hasta 36.7 °C dependiendo del grado de apertura de la llave de agua caliente, la cual se usó para poder remover los residuos de grasa de los recipientes.

El pH fue la característica más variable del agua residual, 1.89°C de desviación y un promedio de 7.56 (Cuadro 23). La solución de cloro lo elevó hasta 11.65, el agua usada al inicio presentó una acidez de 4.60.

La capacidad de retención de oxígeno fue alta, 13.61 mg/L en promedio (Cuadro 23), con una desviación de 4.76 mg/L. Los valores encontrados fueron tan altos como 20.8 mg/L en el lavado de recipientes y tan bajos como 8.71 mg/L en la preparación de soluciones. Los valores altos pueden atribuirse a la turbulencia ocasionada por la total apertura de la llave, más que a las condiciones químicas del agua.

La turbidez del agua residual de la producción de pan fue baja al inicio, se midió 1 NTU en labores de lavado de manos. La mezcla de harina con agua resultante de limpieza de utensilios y operarios alcanzó valores de hasta 250 NTU, lo cual dependió de la concentración lograda. La media fue de 99 NTU (Cuadro 23) y la desviación 97 NTU.

La DBO resultó en 194.85 mg/L y la DQO en 489.60 mg/L (Cuadro 23), por lo que la relación fue de 2.51.

Cuadro 23. Características del agua residual de una jornada de producción de pan y galletas en la planta de Procesamiento de Granos de Zamorano.

Parámetro	Resultado
Volumen	153.19 L
Sólidos suspendidos	40.0 mg/L
Temperatura	28.3 °C
pH	7.56
Oxígeno disuelto	13.61 mg/L
Turbidez	147 NTU
D.B.O.	194.85 mg/L
D.Q.O.	489.60 mg/L

A excepción de la temperatura, DBO y DQO todos los parámetros dan la opción a depositar esta agua en cualquier cuerpo de agua.

4.4.2 Desechos sólidos de la planta de Procesamiento de Granos

Debido a que la producción es muy baja (30 lbs de pan y 10 lbs de galletas) los desechos se calcularon según la rotación de cada ingrediente. Así, se desechan 12 cáscaras de huevos, 6 bolsas que contenían leche, 0.4 bolsas de la levadura, 0.03 sacos del azúcar, 0.2 sacos de la harina y 0.4 bolsas de chocolates por tanda.

Las bolsas plásticas son la mayor cantidad de desechos de esta planta, seguido por las cáscaras de huevo y los empaques de materia prima (Cuadro 24).

Cuadro 24. Desechos sólidos producidos durante una jornada de producción de pan y galletas en la planta de procesamiento de granos de Zamorano.

Sitio de recolección	Etapa del proceso	Tipo de desecho	Peso (kg)	Volumen sin compactar (m ³)	Volumen compactado (m ³)
Area de Proceso	Producción	Bolsas plásticas	0.20	0.0085	0.0070
		Cáscaras de huevo	0.08	0.0002	0.0001
		Cajas	0.02	0.0007	0.0003
		Sacos	0.04	0.0005	0.0004
		Harina	0.07	0.0003	0.0003
Total			0.41	0.0102	0.0081

En 1998 se produjo pan y galletas 165 veces, ya que los estudiantes utilizaron una semana por cada módulo para otras labores. El peso de los residuos en el año sería de 67.65 kg, con un volumen de 1.3365 m³, que van a parar al relleno sanitario.

4.5 COMPARACION ENTRE PLANTAS

Las mayores cantidades de agua desechada se observaron en la planta de Lácteos con casi cinco veces el desecho de la planta de Cárnicos y seis veces la planta de Hortofrutícolas. La planta de Procesamiento de Granos ni se compara con las demás. En cuanto a sólidos suspendidos la planta de lácteos presenta mayor cantidad que cualquier otra. La mayor temperatura se encontró en el agua residual del procesamiento de granos al igual que su pH y oxígeno disuelto. La mayor turbidez también se observó en Lácteos aunque la demanda de oxígeno fue menor que en cualquier otra (Cuadro 25).

La mayor cantidad de desechos sólidos al año se produjo en Industrias Cárnicas con 128,773.3kg (151.99 m³), seguido por Industrias Hortofrutícolas 4,629.3 kg (16.58 m³), Industrias Lácteas 1,947.1 kg (8.28 m³) y en la planta de Procesamiento de Granos que solamente se produjeron 67.6 kg (1.33 m³).

La industria de alimentos genera el 6.02% del volumen de los desechos que se depositan en el relleno sanitario y el 0.17% de la materia orgánica; o sea el 3.5% de los desechos totales de Zamorano.

Cuadro 25. Comparación de parámetros ponderados de las aguas residuales de las diferentes plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano.

Actividad	Volumen de descarga (m ³)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	D.B.O.	D.Q.O.
Industrias Cárnicas	7.63	64.4	22.6	9.44	201	7.10	160.40	370.20
Industrias Hortofrutícolas	6.21	17.0	26.1	8.06	99	5.71	113.85	173.52
Industrias Lácteas	34.91	417.2	27.6	9.25	406	6.16	111.68	257.99
Procesamiento de Granos	0.15	40.0	28.3	13.61	147	7.56	194.85	489.60

5. DISCUSION

La calidad de las aguas residuales de todas las plantas resultó diferente para cada una de las plantas. En Industrias Cárnicas los sólidos suspendidos y la turbidez son las principales causas de contaminación. En Industrias Hortofrutícolas el mayor problema es la temperatura y el pH. En Industrias Lácteas hay muchos sólidos suspendidos, altas temperaturas y turbidez. El problema de la planta de Procesamiento de Granos es la temperatura. Todas las plantas sobrepasaron los valores de DBO y DQO y sus relaciones son altas.

Industrias Lácteas es la planta que mayor cantidad de agua desecha, esto se debe a que el agua utilizada en procesos de enfriamiento y calentamiento de productos se tira al drenaje a pesar de que no ha sido contaminada. Las plantas de Hortofrutícolas y Cárnicas desechan cantidades similares, pero aún así están desechando más de lo citado en literatura.

La planta de Industrias Cárnicas genera el mayor volumen de desechos sólidos, los cuales por su naturaleza pueden aprovecharse por su alto valor biológico, especialmente en contenido de grasas y proteínas. Industrias Hortofrutícolas también desecha materia orgánica; pero su valor biológico es más por el contenido de azúcares, pectinas y vitaminas hidrosolubles. En la planta de Industrias Lácteas el problema de los desechos es técnico, los empaques son la mayor cantidad de desechos. Las cantidades desechadas en la planta de Procesamiento de Granos son inferiores a las cantidades generadas en un hogar normal.

Para solucionar el problema de los desechos se empieza investigando los procesos donde se generan y buscando alternativas para su reducción. Si estos no pueden reducirse, por la naturaleza de la materia prima hay que buscar una alternativa de utilización. Y, finalmente, los desechos que no pueden ser utilizados hay que tratarlos.

5.1 REDUCCION DE DESECHOS

Una de las soluciones a mediano plazo es mejorar el sistema contable de cada planta. Esto facilitaría la localización, mediante balance de materiales, de las pérdidas de cada proceso. Los registros deben contener relaciones que faciliten al administrador de la planta evaluar cada operación, por ejemplo cuánto se desecho de queso por libra empacada ó cuántos empaques se perdieron por lote de embutidos.

5.1.1 Reducción de desechos líquidos

Los desechos líquidos deben ser reducidos en cantidad y en el grado de contaminación que estos pueden causar.

Para reducir la cantidad de desechos se debería:

1. Revisar periódicamente el consumo de agua, anotando la variación de la tarde para la mañana del siguiente día, cualquier valor arriba de lo normal puede significar fugas internas.
2. Elaborar protocolos de limpieza, educando a los estudiantes y operarios en la adecuada dosificación del agua. Por ejemplo, no utilizar agua para arrastrar los residuos sólidos, primero se remueve físicamente y luego se lava.
3. Colocar pistolas de presión en las mangueras que no las poseen, se ahorra hasta un 70%.
4. Sería difícil cambiar todos los equipos que utilizan agua fría o caliente para tratar el producto por otros que utilicen líquidos criogénicos. Entonces, lo recomendable es conectar todas las tuberías que tiran esa agua a un tanque para retornarla hacia el banco de hielo, o ser utilizada en otros procesos que lo permitan.
5. Aunque el agua usada por las calderas es poca, se podría utilizar para labores de limpieza. Otra opción sería la inversa, usar agua de desecho para operar las calderas.
6. Entrenar al personal en la reparación y tener a la disposición herramientas para la reparación de equipos que puedan presentar fugas para una corrección inmediata del problema.
7. Las labores de limpieza se deben hacer por etapas separadas, con una cantidad mínima de agua se recolectan los desechos en un tanque, luego un lavado a presión donde se obtiene agua más limpia que podría servir para otros usos.
8. Realizar la mayor cantidad de procesos posibles dentro de una jornada, así se evitan labores de limpieza inicial y final.

Y para reducir la contaminación causada por los desechos:

1. Evitar derrames de productos en el piso.
2. Los desechos líquidos devueltos no se deben tirar al drenaje (suero de leche, sangre y jugo de tomate).
3. Controlar operaciones de los estudiantes, los descuidos significan productos desechados.
4. Revisiones periódicas de los equipos.
5. Todo recipiente se debe limpiar primero sin agua, para no tirar ese producto al desagüe. Luego, se limpia con agua y finalmente con detergente.
6. Separar el agua residual según su grado de contaminación para evitar costos de tratamiento para líquidos que no lo necesitan. En el caso de Industrias Cárnicas las trampas de grasa y estiércol no funcionan eficientemente y actúan como un homogenizador de la contaminación de las aguas.

5.1.2 Reducción de desechos sólidos

Se debe empezar por un control estricto de calidad de materia prima. Rechazar cualquier producto dañado antes de comprarlo.

Comercializar la materia prima e ingredientes en volúmenes grandes para utilizar recipientes retornables al proveedor. Por ejemplo, en la planta de Procesamiento de Granos se podría estudiar la factibilidad económica de comprar huevos congelados para evitar las cáscaras.

Evitar el uso de bolsas plásticas para transporte de los ingredientes en cada tanda de proceso, la utilización de recipientes permanentes reduciría estos desechos.

Eliminar el uso de cartones encerados para el congelado de los jugos, purés y pastas, se pueden congelar en recipientes plásticos o metálicos reutilizables.

Limitar el consumo de productos terminados dentro de la planta. Destinando un porcentaje de producto, sin empaquetar, para degustación de los estudiantes y visitas.

Revisar la eficiencia de los equipos de empaque. Las empacadoras al vacío utilizadas en los embutidos y el café molido tienen problemas de operación que se atribuyen al tipo y tamaño de bolsa y errores del aprendizaje de estudiantes. La envasadora de leche fluida tiene problemas con el sellado. Además de los procesos de empaque realizados por operarios, como el envasado de helados, yogur y quesos de untar en Industrias Lácteas que genera la mayor parte de los desechos diarios de la planta.

Para controlar ambos tipos de desechos es recomendable colocar un responsable de supervisar todas las operaciones, que puede ser la misma persona encargada del control de calidad.

5.2 UTILIZACION DE DESECHOS

Existen muchas alternativas de uso de desechos, que dependerán del estado físico, químico y microbiológico del material.

5.2.1 Utilización de los desechos líquidos

Algunos como la sangre, el suero de quesos y el agua resultante de escurrir el tomate poseen un alto contenido de nutrientes. Estos desechos pueden ser utilizados para desarrollar nuevos productos ó para alimentación animal.

Aunque en algunas plantas es poca cantidad, se debe reutilizar el agua resultante de procesos de calentamiento (condensación de vapor) ó enfriado en labores de limpieza de pisos.

Para utilizar el agua residual se debe cumplir con análisis de laboratorio que incluyen: elementos traza, patógenos y de químicos residuales. Además de los físicos y químicos ya realizados.

Los productos líquidos devueltos pueden ser utilizados en la alimentación animal dependiendo de su grado de daño.

Si se diferenciara los tipos de agua desechada, las de mayor contaminación podrían ser utilizadas en bio-digestores y las demás no necesitarían tratamiento.

5.2.2 Utilización de los desechos sólidos

Los huesos pueden ser aprovechados para la elaboración de harina, y luego utilizados en la fabricación de concentrados.

Algunos residuos del sacrificio de animales pueden ser utilizadas en la alimentación humana. Su consumo se limita por el prestigio social o por considerarse de baja calidad. Existen muchas recetas tradicionales de productos cárnicos que los incluyen. Las vísceras contienen menos energía que la carne por lo que se pueden utilizar en dietas bajas en calorías, además las grasas de éstas poseen una proporción mayor de ácidos grasos saturados que la carne.

Igual que los líquidos, todo producto desechado o devuelto puede utilizarse para la alimentación animal, si su estado lo permite.

Los residuos vegetales tienen diversas aplicaciones. Se puede extraer pectina a partir de cáscaras y semillas de mangos y naranjas. De la pulpa sobrante se puede elaborar vinagres o destilar alcohol⁸. De las semillas duras de algunas frutas se puede elaborar carbón activado. De las semillas de cítricos se puede extraer su aceite esencial.

5.3 TRATAMIENTO DE DESECHOS

Los desechos que no pueden ser utilizados deben tratarse para reducir la contaminación que estos puedan causar.

5.3.1 Tratamiento de desechos líquidos

Se podría construir tanques de retención y regulación para disminuir los picos de caudales, especialmente en la planta de Industrias Lácteas y Hortofrutícolas. Industrias Cárnicas se regulan un poco por las trampas de estiércol, grasa y sangre.

⁸ COJULUN, R. 1999. Zamorano. Honduras.

El siguiente paso, para que ocurran los procesos de oxidación, sería construir lagunas de estabilización, que deberán estar ubicadas cerca de la planta, para evitar contaminación en su recorrido hasta el cuerpo receptor; pero sin llegar a constituir un foco de infección. Este proceso es lento, pero de bajo costo.

El agua residual se podría usar para riego de pastizales ó cultivos, posterior a un análisis de su contenido de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos.

Por su grado de contaminación el agua residual de las cuatro plantas debería ser tratada microbiológicamente para ser utilizada, a excepción del agua residual del sacrificio de animales que por su alto grado de contaminación bioquímica requiere un tratamiento químico previo.

5.3.2 Tratamiento de desechos sólidos

Debido a el estado de mezcla en que se desechan ciertos materiales es imposible utilizarlos ó reciclarlos (por ejemplo plásticos que contienen restos de frutas o carne), por lo que deben ser tratados.

El problema se debe manejar a nivel institucional, es difícil para cada planta tener su propia unidad de tratamiento de desechos, tanto por el volumen producido como por la contaminación cruzada que pudiera existir.

La solución considerada es crear una empresa encargada de la basura. Este concepto ayuda a tomar el tratamiento de los desechos como un negocio que tratará de aprovechar económicamente cualquier material utilizable y distribuiría el costo a las demás empresas según el volumen que genere, lo que la obligaría a buscar alternativas para su reducción.

6. CONCLUSIONES

Comparadas con los parámetros estimados para cada industria, las plantas de procesamiento de alimentos de Zamorano presentaron una mayor cantidad de desechos líquidos y sólidos. Es necesario buscar alternativas para reducirlos, utilizarlos o tratarlos.

De acuerdo a las leyes de Honduras el volumen descargado por cualquier industria no debería exceder el 10% del caudal o volumen del cuerpo receptor y las dos quebradas que reciben tanto el agua de Industrias Cárnicas y Lácteas como de Hortofrutícolas permanecen períodos sin agua por lo que se está violando ese parámetro.

Por la cantidad de sólidos suspendidos y el grado de turbidez que presentó el agua residual del sacrificio de reses no puede ser depositada en el sitio actual. El único parámetro físico-químico que limita la deposición del agua residual del sacrificio de cerdos es la turbidez.

Las aguas desechadas durante el sacrificio necesitan tratamiento químico para reducir su alta contaminación. Los demás tipos de aguas residuales, de todas las plantas podrían ser tratadas con microorganismos. El agua residual de las plantas de Industrias Hortofrutícolas y de Procesamiento de Granos no necesita tratamiento para ser utilizada en riego.

En caso de eliminar la trampa de estiércol y grasa el agua residual de las jornadas de desposte no tendría limitantes para ser depositada en el lugar dónde actualmente se hace.

La única fuente de desechos sólidos de la elaboración de embutidos es el empaclado al vacío.

Existen ciertos tipos de desechos sólidos que aumentan el grado de contaminación del agua residual, por ejemplo el lavado de los corrales de espera sin una recogida previa.

El mayor problema de la planta de Industrias Hortofrutícolas es la cantidad de materia orgánica (cáscaras y pulpa) que se dejan de aprovechar.

La planta de Industrias Lácteas se caracterizó por ser la que más agua desecha, debido a el agua utilizada en el enfriado y calentamiento de productos.

Debido a su baja producción la planta de procesamiento de granos desecha gran cantidad de agua y sólidos, comparado con la industria, al aumentar la producción se podrían reducir.

Todos los desechos sólidos de las plantas de procesamiento constituyen una pequeña porción de los desechos generados en Zamorano (3.5 %).

Por la naturaleza de la materia prima que procesa la planta de Industrias Cárnicas desecha la mayor cantidad de desechos sólidos de las cuatro plantas. Estos desechos tienen un alto valor biológico que podría ser aprovechado antes de su deposición en un relleno sanitario.

Los desechos de la planta de Industrias Hortofrutícolas tienen alto contenido de vitaminas y otros compuestos que podrían ser aprovechados en el mismo proceso de elaboración de los productos ó extraerse para utilizarse en procesos alternos o comercializarlos.

El problema de la planta de Industrias Lácteas radica en la forma de empaquetar sus productos, se debería buscar otras alternativas de empaque y revisar la maquinaria que actualmente realiza dicha operación.

La planta de Procesamiento de Granos todavía no representa problemas debido a su dimensión. Si en el futuro la producción aumenta se deberá revisar igual que las demás, comprando los materiales en cantidades mayores para reducir los empaques desechados.

7. RECOMENDACIONES

Incluir dentro de las políticas administrativas de cada planta objetivos de reducción de la generación de desechos, haciendo conciencia tanto a los jefes como operarios de la importancia de ello.

Empezar siguiendo las medidas de reducción de desechos planteadas, implementando un plan de revisión periódica de las mejoras logradas. Realizar discusiones entre los operarios acerca de las formas en que ellos reducirían los desechos, a fin de involucrarlos en el problema.

Estudiar la variedad de alternativas de utilización de desechos que existen. Sin olvidar que su aprovechamiento dependerá de la demanda existente.

Dar seguimiento al problema de los desechos líquidos, revisar los sistemas de desagüe para evitar obturaciones y evaluar el sistema de tuberías actual. Revisar con mayor regularidad y frecuencia los contadores de consumo de agua de cada planta. En Industrias Cárnicas revisar las trampas de grasa y estiércol y aumentar su eficiencia.

A largo plazo, y una vez reducida la cantidad de contaminantes que contiene el agua residual debe ser tratada para reducir su carga orgánica, antes de depositarla en el cuerpo receptor.

Crear una empresa encargada de los desechos sólidos a nivel institucional, que cobre por los servicios de transporte y tratamiento, y que se lucre de los subproductos que pueda procesarlos ó comercializarlos.

8. BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, M.; SALAS, H. 1988. La basura: manual para el reciclamiento urbano. Editorial Trillas S. A. de C. V. México D. F., México. 64 p.

ALMEIDA, V. 1999. Notas Técnicas sobre Tecnologia de Controle de: Curtumes, Fabricação de Celulose e Papel, Indústrias de Suco Cítrico Concentrado, Galvanoplastia e Fabricação de Cervejas e Refrigerantes. V Curso Internacional sobre controle da Poluição das Águas, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil.

AVILES, A. 1998. Diagnóstico del manejo de desechos sólidos en Zamorano y elaboración de un plan alternativo de manejo. Escuela Agrícola Panamericana. Tesis Ing Agr. Tegucigalpa, Honduras. 49 p.

ASDRUBALLI, M.; STRADELLI, A. 1969. Los Mataderos. Traducido por Sardón, J. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 267 p.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; POSTEL, S. 1992. La salvación del planeta. Traducido por Campos, M. Editorial Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 216 p.

BASSOI, L. 1999. Tratamento de águas residuárias de curtumes e abatedouros bovinos, suínos e avícolas. V Curso Internacional sobre controle da Poluição das Águas, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil.

BENNION, E. 1967. Fabricación de pan. Traducido por Alvarez, M. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 404 p.

DERISIO, J. 1999. Medidas internas de controle de poluição das águas na indústria de laticínios. V Curso Internacional sobre controle da Poluição das Águas, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil.

DERISIO, J. 1999. Tecnologia de controle de abate bovinos: Vaca Morta Ltda. V Curso Internacional sobre controle da Poluição das Águas, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil.

FARRALL, A. 1963. Engineering for Dairy and Food Products. John Wiley and Sons, Inc. New York, U. S. A. 674 p.

FIGUEROA, V.; SANCHEZ, M. 1997. "Tratamiento y Utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 134. Roma, Italia. 255 p.

FORNIAS, O. 1995. Procesamiento de subproductos animales comestibles. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 123. Roma, Italia. 168 p.

FUENTES, M. 1995. Evaluación de la calidad de aguas residuales de la agroindustria pecuaria de Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana. Tesis Ing. Agr. Tegucigalpa, Honduras. 140 p.

GÖSTA, B. 1996. Manual de Industrias Lácteas. Traducido por López, A. Tetra Pak Processing Systems. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid, España. 436 p.

GREENENBERG, A.; CLESCERI, L.; EATON, A. 1992. Standard Methods: For the examination of water and wastewater. APHA (American Public Health Association), WWA (Water Works Association) and WEF (Water Environment Federation). 8th Edition. New York, U.S. A.

HAUSCHNIK, P. 1996. Gestión del manejo de desechos sólidos en Alemania. LIPAHI. Guatemala, Guatemala. (Seminario). *s.p.*

HURTADO, F. 1985. Utilización de subproductos de la industrialización de frutas tropicales. II Mesa redonda de la red latinoamericana de agroindustria de frutas tropicales. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Editorial Presencia Ltda. Bogotá, Colombia. págs. 127 – 139.

LEVI, S. 1997. Municipal Solid Waste Factbook: An electronic disk reference manual. Version 4.0. Environmental Protection Agency (EPA). Washington, U. S. A. 250 p.

LITZ, R. E. 1997. The Mango: botany, production and uses. CAB International. New York, U. S. A. 587 p.

MINISTERIO DE SALUD DE LA REPUBLICA DE HONDURAS. 1996. Norma Técnica Nacional para La Calidad del Agua Potable: normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Tegucigalpa, Honduras. 38 p.

PESCOD, M. 1992. "Wastewater treatment and use in agriculture". Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Irrigation and Drainage Paper No.47. Roma, Italia. 125 p.

TCHOBANOGLIOUS, G. 1996. Ingeniería de aguas residuales: Redes de alcantarillado y bombeo. Traducido por Montsoriu, J. Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill Publications/Interamericana Editores, S. A. de C. V. México D. F., México. 462 p.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, L. 1996. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Tomos I y II. Traducido por Montsoriu, J. Metcalf & Eddy, Inc. McGraw-Hill Publications/Interamericana Editores, S. A. de C. V. México D. F., México. 1485 p.

TREJO, R. 1994. Procesamiento de la basura urbana. Editorial Trillas S. A. de C. V. México D. F., México. 283 p.

YANEZ, F. 1993. Lagunas de estabilización: teoría, diseño, evaluación y mantenimiento. Imprenta Monsalve. Cuenca, Ecuador. 421 p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Hojas de resultados de muestreos de efluentes en industrias cárnicas

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de sacrificio de reses

Fecha: 21 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	54.72 49.85 40.09	2	0.04	0.85%	22.4	2.99	100 - 200 190	6.35	Color café oscuro
07:00	24.85 22.07 25.03	2	0.08	1.71%	21.9	4.06	100 - 200 120	6.50	Agua clara
07:30	11.59 15.22 9.93	2	0.16	3.36%	21.9	4.88	300 - 500 320	8.45	Color Rojo sangre
08:00	3.72 3.46 2.94	2	0.59	12.18%	21.9	8.53	200 - 300 300	7.10	Color Rojo sangre
08:30	4.25 4.97 5.13	2	0.42	8.59%	21.8	7.54	200 - 300 210	7.45	Color Rojo sangre
09:00	2.91 2.97 2.41	2	0.72	14.87%	22.1	8.18	200 - 300 250	7.35	Color Rojo sangre
09:30	5.82 5.96 5.82	2	0.34	7.00%	21.9	8.73	200 - 300 250	9.85	Color Rojo sangre
10:00	1.03 0.75 0.85	2	2.28	46.88%	20.8	9.67	200 - 300 200	9.20	Color Rojo sangre
10:30	9.06 8.71 9.31	2	0.22	4.55%	21.2	9.37	200 - 300 210	7.35	Agua roja con espuma
			4.87	100.00%	21.77	7.11		7.73	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de sacrificio de reses

Fecha: 4 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
07:00	22.88 27.34 28.72	1	0.04	1.18%	22.4	6.20	100 - 200 150	6.85	Agua clara
07:30	10.19 9.44 9.50	2	0.21	6.41%	22.4	6.77	200 - 500 450	7.00	Color rojo sangre
08:00	7.34 5.53 6.00	2	0.32	9.90%	22.5	9.28	200 - 300 250	7.25	Color rojo sangre
08:30	6.78 5.88 4.91	2	0.34	10.64%	22.7	9.54	300 - 500 400	7.20	Color rojo sangre
09:00	11.72 8.06 7.00	2	0.22	6.98%	22.9	10.93	300 - 500 400	7.50	Color rojo sangre
09:30	3.84 4.44 4.37	2	0.47	14.77%	23.8	8.61	300 - 500 400	7.65	Color rojo sangre
10:00	7.88 6.62 6.12	2	0.29	9.06%	23.4	10.68	300 - 500 400	7.75	Color rojo sangre
10:30	1.94 1.84 1.92	2	1.05	32.78%	23.2	9.37	300 - 500 350	7.45	Color rojo sangre
11:00	6.38 8.00 8.21	2	0.27	8.27%	23.4	10.60	200 - 300 300	7.65	Color rojo sangre con espuma
			3.21	1.00	22.97	9.11		7.37	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de sacrificio de cerdos

Fecha: 2 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	5.16 4.85 4.41	2	0.42	16.26%	21.7	13.22	300 - 500 350	6.80	Color café oscuro
07:00	3.53 3.21 5.47	2	0.49	19.20%	21.5	15.25	50 - 75 70	6.40	Color rojo sangre
07:30	9.08 9.36 8.60	2	0.22	8.67%	22.0	13.95	30 - 40 38	5.85	Color rojo sangre
08:00	13.06 11.54 12.94	2	0.16	6.24%	21.9	12.00	300 - 500 300	6.80	Color rojo sangre
08:30	18.06 16.62 16.64	2	0.12	4.57%	21.8	13.21	200 - 300 300	6.65	Color rojo sangre
09:00	14.16 17.09 19.87	2	0.12	4.59%	22.5	12.04	200 - 300 250	6.80	Color rojo sangre
09:30	25.32 30.93 26.68	2	0.07	2.83%	22.4	10.80	300 - 500 350	6.95	Color rojo sangre
10:00	22.72 17.56 11.59	2	0.12	4.52%	22.7	10.56	200 - 300 300	6.90	Color rojo sangre
10:30	4.38 3.66 3.16	2	0.54	20.93%	22.6	11.80	100 - 200 180	7.00	Color rojo sangre
11:00	5.66 6.15 7.40	2	0.31	12.20%	22.7	12.96	100 - 200 150	7.30	Color rojo sangre con espuma
			2.56	100.00%	22.18	12.58		6.75	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas

Jornada de sacrificio de cerdos

Fecha: 9 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	1.00 1.00 1.00	0							Muy poca
07:00	3.06 3.50 3.97	2	0.57	14.39%	21.6	8.63	500 - 1000 600	6.85	Café obscuro
07:30	13.53 12.72 10.72	2	0.16	4.10%	22.0	11.10	200 - 300 300	6.80	Sangre
08:00	5.29 5.66 4.94	2	0.38	9.54%	23.0	15.77	200 - 300 300	7.10	Sangre
08:30	5.72 6.43 6.06	2	0.33	8.32%	23.3	17.55	300 - 500 350	7.30	Sangre
09:00	9.00 8.62 8.39	2	0.23	5.83%	23.0	16.19	200 - 300 250	6.85	Sangre
09:30	5.13 4.69 5.38	2	0.39	9.97%	23.1	17.52	300 - 500 400	7.35	Sangre
10:00	2.78 2.96 3.06	2	0.68	17.22%	29.5	12.13	500 - 1000 500	7.85	Sangre
10:30	2.34 2.06 2.18	2	0.91	23.03%	28.4	13.58	300 - 500 350	8.05	Café obscuro
11:00	6.19 6.47 7.29	2	0.30	7.60%	23.7	14.63	200 - 300 250	7.05	Limpia
			3.96	100.00%	24.18	14.12		7.24	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas

Jornada de desposte de reses

Fecha: 18 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	10.94 10.49 8.59	2	0.20	11.75%	22.8	4.77	300 - 500 400	6.95	Agua obscura
07:00	12.57 12.45 11.92	2	0.16	9.55%	22.4	7.22	300 - 500 400	6.80	Difícil de medir
07:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
08:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
08:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
09:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
09:30	2.98 3.56 3.90	2	0.57	33.78%	20.9	8.01	200 - 300 300	7.30	Agua clara
10:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
10:30	17.28 19.69 12.50	0.7	0.04	2.49%	22.6	6.75	300 - 500 400	6.90	Agua jabonosa
11:00	2.04 2.77 3.50	2	0.72	42.44%	22.8	6.72	300 - 500 300	7.15	Agua clara
			1.70	100.00%	22.30	6.69		7.02	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de desposte de reses

Fecha: 24 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	19.13 19.34 25.85	2	0.09	10.11%	21.0	12.51	100-200 150	5.95	Agua clara
07:00	31.69 44.65 33.00	2	0.05	5.95%	21.0	17.26	100-200 180	6.05	Agua clara
07:30	17.54 24.15 23.03	2	0.09	10.05%	21.4	11.84	75-100 80	6.15	Agua clara
08:00	70.63 71.45 74.18	1	0.01	1.50%	21.6	10.42	100-200 110	6.25	Agua clara y muy poca
08:30	79.12 50.25 49.67	1	0.02	1.82%	21.5	10.35	200-300 250	6.30	Agua clara y muy poca
09:00	75.43 79.83 81.12	1	0.01	1.38%	21.8	8.92	300-500 450	6.00	Agua clara y muy poca
09:30	89.87 90.15 92.34	1	0.01	1.19%	22.0	9.94	100-200 190	6.15	Agua clara y muy poca
10:00	5.22 6.56 11.84	2	0.25	27.54%	21.9	14.87	200-300 250	6.10	Agua jabonosa
10:30	5.47 6.44 4.17	2	0.37	40.45%	20.9	12.12	30-40 38	7.05	Agua jabonosa
			0.92	100.00%	21.46	12.03			6.22

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de desposte de cerdos

Fecha: 20 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	66.00 70.00 72.00	2	0.03	1.40%	22.3	6.19	200-300 240	6.65	Agua clara
07:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
07:30	31.28 39.69 42.00	2	0.05	2.58%	21.6	5.68	200-300 200	6.45	Lavado equipo embutidos
08:00	19.28 18.22 14.63	2	0.12	5.58%	21.5	5.14	100-200 120	6.80	Lavado de marmita
08:30	4.72 6.21 12.22	2	0.26	12.57%	21.6	6.78	100-200 150	6.85	Lavado de marmita
09:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
09:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
10:00	38.40 38.22 18.90	2	0.06	3.05%	22.2	6.11	100-200 150	6.95	Poca agua y jabonosa
10:30	1.22 1.34 1.33	2	1.54	74.82%	20.5	8.59	100-200 200	7.05	Agua jabonosa
			2.06	100.00%	21.62	6.42			6.79

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de desposte de cerdos

Fecha: 10 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
07:00	0.82 0.91 1.50	2	1.86	48.03%	20.7	9.27	200 - 300 200	6.35	Agua clara
07:30	18.28 24.47 30.03	2	0.08	2.13%	20.2	9.52	75 - 100 80	6.30	Agua clara
08:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
08:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
09:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
09:30	2.09 2.78 3.28	2	0.74	19.03%	23.9	6.53	200 - 300 200	6.55	Residuos de embutidos
10:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
10:30	15.88 11.91 12.69	2	0.15	3.83%	23.3	8.65	100 - 200 180	6.40	Agua jabonosa
11:00	1.97 1.62 2.16	2	1.04	26.98%	21.9	9.66	200 - 300 300	6.45	Agua jabonosa
			3.87	100.00%	22.00	8.73		6.41	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de producción de embutidos

Fecha: 17 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
11:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
12:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
12:30	14.27 14.74 15.08	2	0.14	5.75%	24.9	9.17	5 - 10 6	5.80	Espuma
13:00	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
13:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
14:00	7.15 7.29 7.47	2	0.27	11.56%	24.3	10.43	20 - 30 25	4.65	Espuma y restos de carne
14:30	1.95 2.03 2.06	2	0.99	41.95%	22.7	9.63	200 - 300 300	9.45	Espuma y restos de carne
15:00	2.09 1.98 2.15	2	0.96	40.74%	22.5	10.53	200 - 300 200	7.60	Espuma y restos de carne
			2.37	100.00%	23.60	9.94		6.88	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de producción de embutidos

Fecha: mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
11:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
12:00	4.44 4.69 4.66	2	0.44	28.88%	22.2	8.19	50 - 75 60	6.55	Agua clara
12:30	1.00 1.00 1.00	0	0.00						Difícil de medir
13:00	10.32 13.56 13.40	2	0.16	10.68%	22.7	7.09	50 - 75 75	7.00	Residuos de embutidos
13:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
14:00	11.10 9.56 11.94	2	0.18	12.22%	22.3	6.72	100 - 200 120	6.75	Agua jabonosa con residuos
14:30	2.57 2.59 3.10	2	0.73	48.22%	24.4	8.33	100 - 200 180	7.65	Agua clara
			1.51	100.00%	22.90	7.58		6.99	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de sábado

Fecha: 5 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	2.22 2.15 3.12	2	0.80	18.87%	21.8	6.55	500 - 1000 750	11.80	Agua con espuma
07:00	6.56 6.94 4.25	2	0.34	7.96%	22.1	8.84	300 - 500 400	12.20	Agua con espuma
07:30	1.78 1.81 2.16	2	1.04	24.58%	21.0	11.66	300 - 500 300	11.65	Agua con espuma
08:00	1.03 0.97 0.91	2	2.06	48.58%	20.7	13.43	100 - 200 180	9.50	Agua con espuma
			4.24	100.00%	21.40	10.12		11.29	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Cárnicas Jornada de sábado

Fecha: 12 junio 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
06:30	1.00 1.00 1.00	0							Difícil de medir
07:00	11.04 6.28 7.82	2	0.24	16.40%	22.5	5.87	500 - 1000 600	7.35	Café oscuro
07:30	25.85 28.10 41.69	2	0.06	4.31%	20.8	11.50	100 - 200 100	8.05	Agua clara y muy poca
08:00	1.00 1.00 1.00	0							Reunión de empleados
08:30	1.00 1.00 1.00	0							Reunión de empleados
09:00	1.00 1.00 1.00	0							Reunión de empleados
09:30	2.22 2.69 3.10	2	0.75	51.49%	20.5	14.08	200 - 300 250	7.70	Espuma
10:00	8.12 7.50 6.60	2	0.27	18.56%	20.7	13.63	200 - 300 200	7.55	Espuma
10:30	14.60 15.59 14.47	2	0.13	9.23%	20.5	12.89	200 - 300 300	7.15	Agua clara
			1.45	100.00%	21.00	11.59		7.56	

Anexo 2. Hojas de resultados de muestreos de efluentes en industrias hortofrutícolas

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Hortofrutícolas

Jornada normal

Fecha: 10 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	28.00 27.32 26.41	2	0.07	2.14%	25.3	7.81	50 - 75 55	5.95	Agua clara
07:30	54.03 28.19 27.10	0.85	0.02	0.71%	24.4	7.57	20 - 30 25	5.00	Agua clara
08:00	102.00 41.69 27.28	0.9	0.02	0.46%	25.7	8.49	menos de 5 5	5.35	Agua clara
08:30	55.20 41.44 33.50	1.8	0.04	1.21%	26.3	7.75	10 - 20 18	6.35	Agua clara
09:00	10.40 12.09 18.88	2	0.15	4.22%	25.1	7.89	30 - 40 35	6.00	Agua clara
09:30	3.71 4.53 6.41	1.8	0.37	10.74%	27.0	8.24	10 - 20 18	4.50	Agua clara
10:00	60.23 65.15 69.97	0.65	0.01	0.29%	26.4	7.53	10 - 20 18	6.65	Agua clara
10:30	3.38 9.46 11.00	2	0.25	7.33%	27.3	7.81	50 - 75 60	7.20	Agua clara
11:00	1.00 1.00 1.00								Difícil de medir
11:30	1.00 1.00 1.00								Nada
12:00	1.00 1.00 1.00								Nada
12:30	16.50 31.99 47.49	2	0.06	1.82%	26.3	8.48	10 - 20 18	6.10	Muy poca y clara
13:00	1.00 1.00 1.00								Difícil de medir
13:30	9.62 8.72 8.62	2	0.22	6.48%	28.9	7.33	50 - 75 60	4.75	Agua clara
14:00	3.60 3.53 2.41	2	0.63	18.32%	26.1	8.69	20 - 30 30	5.45	Agua clara
14:30	38.00 57.81 58.22	2	0.04	1.13%	25.8	8.47	10 - 20 15	4.85	Agua clara
15:00	5.81 4.00 2.41	2	0.49	14.30%	25.9	8.28	100 - 200 180	5.15	Color morado
15:30	30.44 28.04 23.16	2	0.07	2.14%	25.4	7.82	5 - 10 10	6.75	Agua clara
16:00	2.56 1.93 1.60	2	0.99	28.70%	24.9	8.48	10 - 20 20	5.65	Agua clara
			3.43	100.00%	26.05	8.04		5.71	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Hortofrutícolas

Jornada normal

Fecha: 28 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	1.97 2.85 3.42	2	0.73	13.88%	23.3	7.84	10 - 20 15	5.50	Agua clara
07:30	10.15 10.44 15.06	2	0.17	3.21%	24.9	7.72	20 - 30 30	6.85	Agua clara
08:00	1.00 1.00 1.00								Difícil de medir
08:30	42.28 39.15 44.55	1.7	0.04	0.77%	25.6	7.77	300-500 400	6.95	Espuma
09:00	35.29 52.38 39.58	2	0.05	0.90%	26.4	7.58	300-500 400	6.75	Espuma
09:30	57.28 48.63 59.13	2	0.04	0.69%	25.9	7.91	50 - 75 55	6.65	Agua clara
10:00	82.15 85.45 90.12	2	0.02	0.44%	26.5	7.78	Menos de 5 5	6.25	Agua clara
10:30	5.93 5.25 9.47	2	0.29	5.54%	26.2	7.93	100 - 200 110	6.75	Espuma
11:00	1.00 1.00 1.00								Difícil de medir
11:30	1.00 1.00 1.00								Nada
12:00	1.00 1.00 1.00								Nada
12:30	29.90 34.69 48.50	2	0.05	1.01%	26.3	7.19	200 - 300 250	6.60	Color morado
13:00	50.62 52.03 54.37	2	0.04	0.73%	26.9	6.69	20 - 30 25	6.70	Agua clara
13:30	20.35 19.47 23.79	2	0.09	1.80%	27.0	8.13	75 - 100 80	4.15	Morado claro
14:00	20.56 20.15 17.78	2	0.10	1.96%	26.6	8.10	100 - 200 180	5.00	Color morado
14:30	12.29 17.25 16.03	2	0.13	2.51%	26.7	8.49	30 - 40 39	5.20	Morado claro
15:00	23.81 29.12 32.66	2	0.07	1.34%	27.3	8.11	100 - 200 130	3.95	Color morado
15:30	1.53 1.97 1.81	2	1.13	21.55%	27.7	8.18	10 - 20 18	4.65	Morado claro
16:00	0.81 1.03 0.78	2	2.29	43.67%	39.2	6.01	100 - 200 150	5.15	Color morado con espuma
			5.24	100.00%	27.10	7.70		5.81	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Hortofrutícolas

Jornada de sábado

Fecha: 29 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	15.00 19.34 25.81	2	0.10	8.02%	25.0	8.58	10 - 20 15	5.45	Agua clara
07:30	12.41 12.59 13.78	2	0.15	12.44%	24.6	7.01	30 - 40 35	6.70	Agua clara
08:00	5.25 2.56 1.97	2	0.61	49.33%	24.4	7.81	100 - 200 100	5.70	Espuma
08:30	6.63 6.10 4.75	2	0.34	27.60%	24.7	8.91	100 - 200 150	7.15	Espuma
09:00	30.44 30.49 31.44	1	0.03	2.61%	25.6	6.98	75 - 100 80	6.70	Poca espuma
			1.24	100.00%	24.86	7.86		6.34	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Hortofrutícolas

Jornada de sábado

Fecha: 22 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	1.00 1.00 1.00								Difícil de medir
07:30	85.00 29.34 46.18	1	0.02	0.85%	24.5	9.42	10 - 20 12	5.40	Agua clara
08:00	42.78 65.34 74.46	1	0.02	0.74%	24.3	9.79	5 - 10 9	4.85	Agua clara
08:30	27.91 36.16 16.90	2	0.07	3.35%	24.9	9.10	20 - 30 28	4.90	Agua clara
09:00	2.03 2.31 2.03	2	0.94	42.63%	24.3	10.42	10 - 20 12	5.01	Agua clara
09:30	2.53 2.34 2.03	2	0.87	39.36%	24.1	10.17	50 - 75 70	5.15	Espuma
10:00	22.25 20.93 23.44	2	0.09	4.08%	14.8	9.87	5 - 10 6	5.48	Agua clara
10:30	11.19 8.87 10.15	2	0.20	8.99%	24.7	10.42	50 - 75 55	3.20	Agua clara
			2.21	100.00%	23.09	9.88		4.86	

Anexo 3. Hojas de resultados de muestreos de efluentes en industrias lácteas.

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Lácteas

Jornada normal

Fecha: 5 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	15.22 14.49 12.14	6	0.43	1.93%	25.7	6.33	500 - 1000 1000	6.65	Agua color blanco
07:30	14.38 11.82 11.38	7	0.56	2.50%	28.0	5.82	500 - 1000 1000	6.70	Agua color blanco
08:00	4.50 4.94 5.60	4	0.80	3.57%	25.0	7.35	1000 - 2000 2000	6.25	Agua color blanco
08:30	14.72 12.47 13.10	6	0.45	2.00%	27.2	7.49	500 - 1000 500	6.15	Agua color blanco
09:00	18.31 19.75 22.80	6	0.30	1.32%	28.6	7.82	300 - 500 400	5.70	Agua clara
09:30	2.69 3.78 4.00	10	2.87	12.83%	27.4	8.15	20 - 50 50	5.25	Agua clara
10:00	8.40 9.06 9.28	10	1.12	5.02%	25.8	7.77	75 - 100 90	5.15	Agua clara
10:30	7.09 6.53 8.53	6	0.81	3.64%	27.1	7.26	75 - 100 90	5.85	Agua clara
11:00	7.66 8.22 7.78	6	0.76	3.41%	27.9	6.16	10 - 20 12	6.10	Agua clara
11:30	4.18 4.94 5.25	6	1.25	5.61%	27.4	6.44	300 - 500 450	5.25	Agua color blanco
12:00	7.32 7.44 8.62	8	1.03	4.60%	28.1	6.44	menos de 5 5	4.65	Agua cristalina
12:30	6.34 5.57 4.81	6	1.08	4.82%	27.7	7.65	100 - 200 120	5.35	Agua clara
13:00	2.69 2.43 2.05	10	4.18	18.73%	31.5	7.01	200 - 300 300	8.35	Agua color blanco
13:30	2.47 2.15 1.85	10	4.64	20.76%	26.7	6.70	10 - 20 15	4.35	Agua clara con espuma
14:00	3.81 3.15 1.75	6	2.07	9.25%	31.2	5.83	200 - 300 215	6.15	Agua color blanco
			22.33	100.00%	27.68	6.95		5.86	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Lácteas

Jornada normal

Fecha: 6 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	34.66 21.78 16.75	6	0.25	1.19%	24.5	8.77	200 - 300 270	5.00	Agua blanca
07:30	48.78 50.50 49.09	6	0.12	0.59%	25.5	12.92	5 - 10 8	4.90	Agua clara
08:00	12.53 12.16 8.59	6	0.54	2.62%	26.9	11.65	50 - 75 62	6.05	Agua clara
08:30	5.09 5.00 4.66	2	0.41	1.97%	26.3	12.52	500 - 1000 1000	5.85	Agua blanca
09:00	10.79 10.47 15.40	6	0.49	2.38%	26.6	12.65	100 - 200 175	4.35	Agua blanca
09:30	11.85 7.12 5.10	6	0.75	3.62%	31.8	8.41	1000 - 2000 2000	6.25	Amarillo lechoso
10:00	3.50 3.31 3.28	6.5	1.93	9.35%	25.0	12.95	500 - 1000 600	6.35	Lavado de quesera
10:30	3.59 3.34 3.44	9.5	2.75	13.30%	34.5	9.88	100 - 200 200	9.95	Limpieza
11:00	4.00 4.60 4.78	6	1.35	6.51%	27.3	11.36	100 - 200 140	5.85	Agua blanca
11:30	6.75 6.41 5.53	8	1.28	6.22%	28.1	12.54	100 - 200 200	6.15	Agua blanca
12:00	5.97 6.69 8.18	8	1.15	5.57%	27.1	11.62	300 - 500 400	6.90	Agua blanca
12:30	8.90 7.78 9.06	8	0.93	4.51%	29.0	11.68	50 - 75 70	4.65	Agua clara
13:00	4.41 4.28 3.31	8	2.00	9.68%	33.2	9.48	200 - 300 210	5.20	Mucha grasa
13:30	2.88 3.34 3.42	8	2.49	12.05%	26.7	12.28	10 - 20 18	5.05	Agua clara
14:00	2.44 3.25 3.25	8	2.68	12.99%	24.7	13.44	500 - 1000 750	5.95	Agua blanca con espuma
14:30	1.53 1.37 1.00	2	1.54	7.45%	28.1	13.85	50 - 75 70	9.36	Agua clara
			20.66	100.00%	27.83	11.63		6.11	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Lácteas

Jornada de sábado

Fecha: 8 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	24.82 14.44 8.50	8	0.50	4.55%	25.3	8.82	500 - 1000 800	10.15	Agua blanca
07:30	1.94 2.03 1.62	10	5.37	48.59%	27.3	9.02	100 - 200 125	9.65	Agua blanca
08:00	9.25 11.70 11.74	6	0.55	4.99%	25.2	10.67	10 - 200 200	6.40	Agua clara
08:30	6.72 6.12 6.78	6	0.92	8.31%	25.5	8.68	100 - 200 180	6.15	Agua blanca
09:00	9.75 9.44 6.43	6	0.70	6.36%	26.7	8.96	200 - 300 300	6.00	Agua blanca
09:30	8.00 9.34 11.44	7	0.73	6.61%	28.9	8.68	100 - 200 180	6.50	Agua blanca
10:00	11.00 10.06 8.75	8	0.81	7.29%	20.7	8.02	300 - 500 500	5.60	Pedazos de queso
10:30	3.56 4.44 4.25	6	1.47	13.30%	27.3	10.42	30 - 40 39	6.30	Agua espumosa
			11.04	100.00%	25.86	9.16		7.09	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Industrias Lácteas

Jornada de sábado

Fecha: 15 mayo 1999

Hora:	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura	O.D. (mg/l)	Turbidez	pH	Observaciones
07:00	29.28 36.06 42.00	1	0.03	0.42%	23.9	8.06	20 - 30 28	5.60	Agua blanca
07:30	39.53 23.09 14.91	2	0.08	1.15%	23.3	7.47	500 - 1000 600	6.95	Lavado de quesos
08:00	25.87 23.00 30.78	6	0.23	3.36%	23.2	9.64	300 - 500 400	6.55	Lavado de quesos
08:30	21.85 17.56 3.75	1	0.07	1.03%	24.0	8.95	500 - 1000 800	7.55	Agua blanca
09:00	3.97 4.10 2.63	2	0.56	8.33%	24.3	9.27	1000 - 2000 2000	6.95	Lavado de yogos
09:30	3.88 4.07 3.91	2	0.51	7.52%	29.4	7.97	100 - 200 200	5.25	Agua con espuma
10:00	1.56 1.59 1.41	8	5.26	78.20%	45.5	5.56	100 - 200 160	10.25	Lavado con agua caliente
			6.73	100.00%	27.66	8.13		7.01	

Anexo 4. Hojas de resultados de muestreos de efluentes en la planta de procesamiento de granos.

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Procesamiento de Granos

Jornada de producción de pan y galletas

Fecha: 17 mayo 1999

Actividad	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
Lavado de manos inicial	12.15 34.28 13.57	14.5	0.24	9.37%	25.40	8.71	10 - 20 15	7.15	Alumnos abren toda la llave
Lavado de manos	34.68 18.15	12.9	0.24	8.33%	26.50	11.80	200-300 225	7.90	Manos con harina
Lavado bandejas	49.91 8.34 93.25	23.82	0.16	15.39%	34.10	16.00	100 - 200 150	7.10	Agregan agua caliente
Bandeja fermentador	12.46	1.90		1.23%	24.35	9.12	Menos de 5 1	7.35	Llave a toda presión para llenado
Solución cloro		3.00		1.94%	24.20	8.78	Menos de 5 1	11.50	En tres tandas de preparación
Lavado final de recipientes	90.28 97.75 253.20	62.3	0.14	40.24%	33.70	17.80	50 - 100 75	7.05	Agregan agua caliente
Lavado final	96.30 42.01	36.4	0.26	23.51%	29.80	20.00	200-300 200	7.35	Agregan agua caliente
		154.82		100.00%	28.29	13.17		7.91	

Resultados de Muestreo de Efluentes.

Planta: Procesamiento de Granos

Jornada de producción de pan y galletas

Fecha: 11 junio 1999

Actividad	Tiempos (s)	Volumen (l)	Caudal (l/s)	Proporción	Temperatura (°C)	O.D. (mg/l)	Turbidez (NTU)	pH	Observaciones
Lavado de manos inicial	23.45 14.28 15.17	16	0.30	10.56%	26.10	9.84	5 - 10 7	4.60	Alumnos abren toda la llave
Lavado de manos	16.70 38.15 11.12	10.7	0.16	7.06%	26.70	12.31	200-300 250	5.55	Alumnos abren toda la llave
Lavado bandejas	55.12 7.77 101.11	21.6	0.13	14.25%	36.70	17.43	100 - 200 180	7.25	Agregan agua caliente
Pandeja fermentador	10.14	2.05		1.35%	24.70	9.27	Menos de 5 1	7.20	Llave a toda presión para llenado
Solución cloro		3.50		2.31%	24.65	8.95	Menos de 5 1	11.65	En dos tandas de un 1.75lt
Lavado final de recipientes	91.15 95.62 260.53	65.4	0.15	43.15%	31.40	20.80	50 - 100 75	7.20	Agua con grasa y harina
Lavado final	97.20 39.14	32.3	0.24	21.31%	27.90	19.70	200-300 200	6.95	Agua con grasa y harina
		151.55		100.00%	28.31	14.04		7.20	