

**Caracterización física y química del efluente
líquido de la sala de sacrificio y desposte de
la Empresa Universitaria de Industrias
Cárnicas de Zamorano**

Harving Enrique Sánchez Mendoza

Honduras
Diciembre, 2005

Zamorano
Carrera de Agroindustria

**Caracterización física y química del efluente
líquido de la sala de sacrificio y desposte de
la Empresa Universitaria de Industrias
Cárnicas de Zamorano**

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

Presentado por:

Harving Enrique Sánchez Mendoza

Honduras
Diciembre, 2005

El autor concede a El 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.

Harving Enrique Sánchez Mendoza

Honduras
Diciembre, 2005

Caracterización física y química del efluente líquido de la sala de sacrificio y desposte de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas de Zamorano

Presentado por:

Harving Enrique Sánchez Mendoza

Aprobado:

Adela Acosta Marchetti, D.C.T.A.
Asesor Principal

Raul Espinal, Ph.D.
Director de la Carrera de
Agroindustria

Wilfredo Domínguez, M.Sc.
Asesor

George Pilz, Ph D.
Decano Académico

Kenneth Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios nuestro padre celestial que siempre me ha guiado por los senderos correctos y la sabiduría, conocimiento, salud y perseverancia que ha dado en mí.

A mis ángeles de la guarda, que siempre me han apoyado en todo momento crucial en este proyecto de mi vida.

A mi madre, Anita Niella Gómez por darme su amor, bendición y confianza día a día. Por ser mi amiga, mi ángel y consejera.

A mis hermanos Geichi Abed, Alejandro Mendoza, por su apoyo y comprensión en todo este transcurso de mi vida.

A mi amigo, Humberto Niella por su apoyo en este curso de mi proyecto.

A mi sobrino querido Joshua Farid Mendoza.

AGRADECIMIENTO

A Dios padre y Jesús por haberme dado la vida.

A mi familia por su apoyo en cada momento de mi vida.

A la Dra. Adela Acosta por su apoyo incondicional como asesor principal y su excelente disponibilidad.

A la Dra. Adela Acosta por su apoyo y paciencia brindada en la realización del estudio.

Al Ing. Wilfredo Domínguez por su gran apoyo incondicional y colaboración.

Al Ing. Wilfredo Domínguez por su tiempo brindado en la realización de este estudio.

A los empleados de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas por su valiosa colaboración.

A mis amigos, Anita Niella, Alejandro, Geichi, José Acevedo, Rodolfo leiva, Víctor Prado, Alvaro Roja, Marlon Canales, Néstor, Santo Calderón y David Madrid por su amistad y apoyo.

A mi Alma Mater por haberme forjado en el camino profesional.

RESUMEN

Sánchez, Harving. 2005. Caracterización física y química del efluente líquido en la sala de sacrificio y desposte de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas de Zamorano. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria. Zamorano, Honduras. 15 p.

La industria alimentaria produce desechos líquidos que representan su fuente principal de contaminación. Este estudio evaluó la característica física-químico del efluente líquido de la empresa de industrias cárnicas de Zamorano. En un período de cuatro semanas se evaluó la calidad del agua residual determinando: DBO, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos coloidales, temperatura y pH. Se estudiaron tres procesos distintos: el sacrificio de res, el sacrificio de cerdo y el desposte de cerdo. La concentración de DBO presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en los tres procesos, con concentraciones para sacrificio de res de 446 mg/l, sacrificio de cerdo de 690.7 mg/l, desposte de cerdo de 136.6 mg/l, requiriendo de tratamiento antes de ser descargados a fuentes naturales. En las concentraciones de sólidos totales se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$), obteniendo en sacrificio de cerdo los valores mas alto (648.75 mg/l) en relación con sacrificio de res (283.75 mg/l), y desposte de cerdo (180 mg/l). La concentración para sólidos suspendidos presentó diferencias significativas ($P > 0.05$), con un valor máximo en sacrificio de cerdos de 63.75 mg/l. La concentración de sólidos coloidales presento encontraron diferencias significativa ($P < 0.05$), con un valor máximo de 585 mg/l para sacrificio de cerdo. El pH del agua residual registro un valor máximo de 6.81 en desposte de cerdo y la temperatura 25.3°C en sacrificio de cerdo con respecto a sacrificio de res y desposte de cerdo. Con este estudio se concluyó que la Empresa de Universitaria de Industrias Cárnica, no tiene que tratar el agua, potencial de hidrogeno y temperatura, por estar dentro de las normas hondureñas de descarga de agua residual a fuentes naturales.

Palabras Claves: Agua residual, parámetros.

Adela Acosta Marchetti, D.C.T.A
Asesor Principal

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Hoja de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimiento.....	v
	Resumen.....	vi
	Contenido.....	vii
	Índice de Cuadro.....	ix
	Índice de anexos.....	x
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
1.2.1	Objetivo General.....	1
1.2.2	Objetivos Específicos.....	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1	MARCO LEGAL DEL AMBIENTE VIGENTE.....	2
2.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	2
2.3	DESECHOS INDUSTRIALES CÁRNICOS.....	3
2.4	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	3
2.4.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	3
2.4.2	Demanda Química de Oxígeno.....	3
2.5	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	4
2.5.1	Temperatura.....	4
2.5.2	Oxígeno Disuelto.....	4
2.5.3	Sólidos Totales.....	4
2.5.4	Sólidos Suspendidos Totales.....	4
2.5.5	Sólidos Disueltos y Coloidales.....	5
2.5.6	Potencial de Hidrógeno.....	5
2.5.7	Aguas Residuales de Mataderos.....	5
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	6
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CÁRNICOS.....	6
3.2.1	Sacrificio.....	6
3.2.2	Desposte.....	6
3.2.3	Procesamiento.....	6
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	7
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	7
3.5	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	7
3.5.1	Obtención de Muestras.....	7

3.6	MATERIALES.....	8
3.7	MÉTODOS.....	8
3.7.1	Parámetros Químicos.....	8
3.7.1.1	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	8
3.7.1.2	Potencial de Hidrógeno.....	9
3.8	PARÁMETROS FÍSICOS.....	9
3.8.1	Sólidos Totales.....	9
3.8.2	Sólidos Suspendidos.....	10
3.8.3	Sólidos Disueltos y Coloidales.....	10
3.8.4	Temperatura.....	10
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
4.1	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	11
4.1.1	Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	11
4.2	SÓLIDOS.....	12
4.2.1	Sólidos Totales.....	12
4.2.2	Sólidos Suspendidos.....	12
4.2.3	Sólidos Coloidales y Disueltos.....	13
4.3	POTENCIAL DE HIDRÓGENO.....	13
4.4	TEMPERATURA.....	13
5.	CONCLUSIONES.....	14
6.	RECOMENDACIONES.....	15
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	16
8.	ANEXOS.....	18

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro

1	Cargas Contaminantes Promedios en Mataderos.....	5
2	Diseño Experimental.....	7
3	Diluciones para el cálculo de DBO según el nivel esperado de las normas de descarga para aguas residuales.....	9
4	Resumen de la variable DBO en las 4 semanas de muestreo.....	11
5	Separación de Medias de DBO.....	12
6	Separación de medias de sólidos totales.....	12
7	Separación de medias de sólidos suspendidos.....	12
8	Separación de medias de sólidos coloidales y disueltos.....	13
9	Separación de medias de pH.....	13
10	Separación de medias de temperatura.....	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos

1	Diagrama de Flujo del Sacrificio de Res.....	19
2	Diagrama de Flujo del Sacrificio de Cerdo.....	20
3	Diagrama de Flujo de Vísceras	21
4	Datos de Temperatura y pH.....	22
5	Croquis de la Caja de Desagüe de desechos líquidos.....	23

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son el medio de contaminación principal en la mayoría de las industrias Alimenticias. Gran parte de la utilización del agua es aquella que se usa para la limpieza, después de cada proceso e higiene y sanitización de las plantas u operarios.

El manejo de las aguas residuales es necesario para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. El efluente líquido de las industrias cárnicas representan un alto contenido de materia orgánica proveniente de la sala de sacrificio, por ende la cantidad demandada de oxígeno estaría representada por la cantidad de sangrado, evisceración y la cantidad de agua residual según el caudal usado por el tamaño de producción de la industria.

En general, las plantas procesadoras de productos cárnicos producen grandes cantidades de agua residual con carga de contaminantes elevada. El problema principal es la falta de información detallada de los desechos líquidos de la planta cárnica. Las industrias cárnicas utilizan gran cantidad de agua para sus procesos de limpieza, los desechos del sacrificio, como son sangre y contenido de intestinos se mezclan con el agua resultando en una gran contaminación. Sin embargo, para lograr tratar el agua residual es necesario primero caracterizarla.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos General

- Caracterización química y física del efluente líquido en la sala de sacrificio y desposte de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Caracterizar la calidad física y química del agua residual
- Comparar la carga de contaminación de los procesos de sacrificio de res, sacrificio de cerdo y desposte de cerdo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MARCO LEGAL DEL AMBIENTE VIGENTE

En 1990 fue reestructurada la Ley de Municipalidades, a partir de esa fecha, las municipalidades asumen plena responsabilidad en la protección del ambiente y los recursos naturales dentro de su jurisdicción. Posteriormente en mayo de 1994, se emite la ley general del ambiente, que conforma lo establecido por la Ley de Municipalidades, asignando a éstas las responsabilidades en la protección y conservación de las fuentes de abastecimiento de agua, incluyendo la prevención y control de su contaminación y la ejecución de trabajos de reforestación (CESSCO, 2005).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, que provienen de edificios, industrias, comerciales e instituciones, junto con las de actividades agrícolas, subterráneas, que se agregan eventualmente al agua residual (CTI, 2004).

Las características de las aguas residuales nos permiten el conocimiento de la naturaleza de la misma y es fundamental en la infraestructura para la evacuación, tratamiento y gestión de la calidad medioambiental. Estos constituyentes en las aguas residuales son tanto físicos, químicos y biológicos (Metcalf y Eddy, 1996).

En término medio, se suelen usar 10 m³ de agua por tonelada en vivo de animales sacrificados y que el DBO₅ referida también al peso de los animales es de 9-15 kg/1.000 kg. La polución de un matadero se suele relacionar con el tipo de animal sacrificado. Así, que producen, 0.6-2 toneladas de aguas residuales por cerdo sacrificado, 2-4 toneladas de agua residuales por vacuno sacrificado. Según la legislación de la mayor parte de los países, no se permite la descarga directa a ríos o lagos de aguas industriales cuando éstas tiene un DBO₅ superior a 20-30 mg/l, con su correspondiente contenido en sustancias sólidas. Si las aguas se descargan en una instalación municipal, el DBO₅ debe ser como la del agua de la ciudad, es decir, 250-300 mg/l, pH neutro y temperatura no superior a 40-50° C (Agroinformación, 2005).

2.3 DESECHOS INDUSTRIALES CÁRNICOS

Las principales fuentes generadoras de residuos líquidos en los mataderos son las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado y evisceración.

Estas aportan gran cantidad de la carga orgánica, estimándose conveniente la segregación de dichas corrientes y el consiguiente tratamiento individualizado. La sangre es el principal contaminante, aportando una gran cantidad de demanda bioquímica de oxígeno y una elevada cantidad de nitrógeno.

Las principales fuentes de contaminación son en los procesos de evisceración y desangrado, estos aportan gran cantidad de la carga orgánica, el cual el efluente contiene: pelos, grasas, estiércol, huesos, sangre y proteínas.

El manejo de desechos sólidos en la planta de cárnicos se realiza después de cada actividad de sacrificio el cual son los que generan más volumen de desechos.

Los parámetros a comparar fueron, Demanda Bioquímica de Oxígeno, sólidos totales, sólidos suspendidos (no filtrables, coloidales), suspendidos totales, potencial de hidrogeno y temperatura.

2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

2.4.1 Demanda bioquímica de oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) es la determinación de la rapidez con que la materia orgánica consume oxígeno por la descomposición bacteriana. La DBO_5 es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media (tiempo en que descompone la mitad de la cantidad inicial de materia orgánica) del elemento nutritivo (Tamayo, 2004).

La demanda bioquímica de oxígeno se determina con la relación en la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismo en la oxidación bioquímica de la materia orgánica en un período de incubación generalmente de 5 días a 20° C (Metcalf y Eddy, 1996).

2.4.2 Demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o dicromato de potasio ($Cr_2 O_7 K_2$). Este proceso oxida casi todos los procesos orgánicos en gas carbónico y agua. La ventaja es que las mediciones de DQO se obtienen rápidamente, pero tienen la desventaja que no dan información de la proporción del agua residual que puede ser oxidada por las bacterias (Rolim, 2000).

2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

2.5.1 Temperatura

La temperatura de las aguas residuales son mayores que las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica, las descargas calientes son otra causa de éste aumento de temperatura (Metcalf y Eddy, 1996).

La temperatura del agua residual es un líquido caliente que vuelca a un curso receptor, puede aumentar la temperatura del entorno e incidir en la solubilidad del oxígeno disuelto en él, a mayor temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno, influye también en las velocidades de reacciones químicas, en la vida de la flora y la fauna acuática, en los usos del agua (Eco-portal, 2005).

2.5.2 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, sin embargo es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y de otros gases presentes en solución están condicionada según la solubilidad del gas, temperatura, pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión). Un alto nivel de oxígeno disuelto aumenta la velocidad de corrosión en las tuberías (Metcalf y Eddy, 1996).

2.5.3 Sólidos Totales

Los sólidos totales son una de las características físicas más importantes del agua residual que entorna la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Estos componentes físicos tienen una gran relación en las aguas residuales debido a su distribución de tamaños que dan una concentración en el cuerpo receptor. La deposición de materia orgánica e inorgánica puede causar problemas de desarrollo de depósitos de fangos, se usan técnicas de separación y la cuantificación de la misma para posibles tratamientos y una de la más usada en la relación del volumen de lodo que se debe retirar en un depósito de agua residual (Metcalf y Eddy, 1996).

2.5.4 Sólidos Suspendidos Totales

Es la fracción de sólidos totales retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico, medido después que ha sido secado a una temperatura específica (103 a 105°C). El filtro mas usado para a determinación es el filtro de Whatman de la fibra de vidrio (Tchobanoglous, 1995).

2.5.5 Sólidos Disueltos y Coloidales

Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua. La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación. Por lo general, se requiere una coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión (CESSCO, 2005).

Sólidos que pasan a través de un filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida de sólidos disueltos totales comprende coloides y sólidos disueltos (Tchobanoglous, 1995).

2.5.6 Potencial de hidrógenos

La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia en aguas naturales como residuales. El agua residual con concentraciones inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos (Metcalf y Eddy, 1996).

2.5.7 Aguas Residuales de Mataderos

La sangre es el principal contaminante, aportando una DQO promedio entre 3000-15.000 mg/l y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Proteínas y grasas son el principal componente de la carga orgánica presente en las aguas de lavado, encontrándose otras sustancias como la heparina y sales biliares. Valores promedios de algunos parámetros físicos y químicos se reflejan en (Cuadro 1). Se estima que entre el 25% - 55% del total de la carga contaminante medidas en DBO₅, son arrastradas por las aguas de limpieza (Aqualimpia, 2005).

Cuadro 1. Cargas Contaminantes Promedios en Mataderos.

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS	VALORES MÁXIMOS
pH	6-6,5	8-8,5
DQO (mg/l)	3.500	12.000
DBO₅ (mg/l)	1.200	7.000
sólidos en suspensión (mg/l)	700	3.000
*NTK (mg/l)	300	6.000
aceites y grasas (mg/l)	500	1.500

Fuente: Aqualimpia, 2005.

*NTK: Nitrógeno Total por el método Kjeldal

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas. Los parámetros físicos y químicos se realizaron en el laboratorio de química y biología en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, localizada en el valle de Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, C.A.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE CÁRNICOS

Las actividades realizadas en la Empresa Universitaria tienen una secuencia lógica de procesos, que van desde sacrificio de res y cerdo hasta la manufactura de productos procesados.

3.2.1 Sacrificio

El sacrificio de reses se realiza los días miércoles. En el caso de las reses el desecho líquido que se aporta al agua residual es solamente la sangre, debido a que el contenido estomacal e intestinal es desechado como sólido.

En el sacrificio de cerdos, los martes y viernes, los principales efluentes son la sangre, el agua utilizada en la máquina escaldadora, conteniendo pelos y materia orgánica, y el agua del lavado de los intestinos de cerdo lo cual presenta materia fecal.

3.2.2 Desposte

Las canales son despostadas manualmente y luego los cortes son refrigerados para su venta posterior. La cantidad de los residuos líquidos en desposte se da en el lavado después del procesamiento en la cual contiene partículas de grasas, pedazos de carne y residuos de aserrín de la sierra de cortar hueso.

3.2.3 Procesamiento

En la sala de procesamiento se realizan varios procesos obteniendo productos frescos, reestructurados, cocidos, semi-cocidos, emulsificado, ahumados. La contaminación principal en esta área se debe al agua de lavados después de la jornada de trabajo.

La estructura física de la planta en lo que se trata de los sistemas de alcantarillado en la descarga de aguas residuales está separada por cada sistema de producción, dando al final todas las corrientes de aguas a una trampa de grasa.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un Diseño de Bloques al Azar (DCA), con 3 tratamientos y 4 repeticiones. Los parámetros estudiados fueron: DBO, Sólidos Totales, Sólidos Suspendedos, Sólidos Coloidales y Disueltos, potencial de hidrogeno y Temperatura (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diseño Experimental.

Tratamiento/semana	1	2	3	4
Sacrificio de cerdo	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4
Sacrificio de Res	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4
Desposte de Cerdo	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo en que se determinó la separación de medias entre semana de los parámetros de Sólidos, pH, T y DBO se realizó con base en el análisis de separación de medias con la prueba tukey, con la ayuda del programa SAS[®] (Statistical Analysis System, 2003).

3.5 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron recolectadas de acuerdo al horario de producción de cada unidad seleccionada para cada área de producción, sala de sacrificio (res y cerdo), y sala de desposte. El levantamiento de las muestras se tomó en la salida de desagüe de cada una de las unidades de producción (Anexo 4).

3.5.1 Obtención de Muestras

La planta de cárnicos no tiene una producción constante de sacrificio que permita establecer un rango de toma de muestra entre uno, dos o tres cerdos, por eso se recolectaron aleatoriamente. De estas muestras se tomaran 175 ml de cada una, las cuales se mezclaran para obtener una muestra compuesta de un 500ml y de esta forma tener datos más precisos (IDEAM, 2005). Dichas muestras se mantuvieron a 4°C para asegurar sus características biológicas.

Las muestras se recolectaron en lapso de 3 días por 4 semanas en un mes, teniendo un total de 12 muestras compuestas, el cual en cada sección de producción (sacrificio res, sacrificio de cerdo, y desposte de cerdo), se hizo 3 repeticiones de la muestra compuesta para DBO, para reducir el margen de error y tener datos significativos teniendo un total de 36 muestras compuestas (IDEAM, 2005). El cual se trabajó con los promedios de las semanas.

3.6 MATERIALES

Botellas de vidrio con tapa para DBO 300ml
 Medidor de oxígeno disuelto (Oxigenómetro YSI-55)
 Botellas plásticas para la recolección de la muestra en la caja de desagüe.
 Recipiente para mantener las muestras a 4°C
 Hielo
 Pipetas
 Potenciómetro (Replaceable Electrode-hanna Instruments)
 Termómetro (Cole Palmer-90090-00)
 Papel toalla
 Beaker
 Crisoles
 Pinzas
 Filtros whatman
 Motor de vacío (Bosch)

3.7 MÉTODOS

3.7.1 PARÁMETROS QUÍMICOS

3.7.1.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno: La demanda bioquímica de oxígeno se midió con la relación de la medida del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica (Andrew y Arnold, 1992).

Se recolectó las muestras correspondientes de 2ml según el factor de dilución (Cuadro 3), para los valores de los parámetros en aguas residuales en industrias cárnicas o matadero.

Se elaboró las muestras compuestas y las diluciones correspondientes para 2ml de muestra y 298 ml de agua. Se tomaron 3 muestras de 2ml para ser más representativos los datos de la muestra compuesta.

Se determinó el oxígeno disuelto con un oxigenómetro (YSI-55), facilitado por el módulo de acuicultura. Siendo llevadas estas muestras al laboratorio de biología donde fueron almacenadas a 20° C por 5 días.

Se determinó el oxígeno disuelto después de los 5 días con el medidor de oxígeno y se obtuvo por diferencia según el factor de dilución para cada muestra (Ecuación 1).

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{(OD_i - OD_f)}{P} \quad \text{Ecuación 1}$$

OD_i= oxígeno disuelto inicial

OD_f= oxígeno disuelto final

P = fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

Las muestras fueron almacenadas y los análisis realizados en el laboratorio de biología y química.

Cuadro 3. Diluciones para el cálculo de DBO según el nivel esperado de las normas de descarga para aguas residuales.

Dilución Basada en Pipeteado directo en las muestras de botellas de 300 ml	
MI	Esperado DBO
0.02	30000-105000
0.05	12000-42000
0.10	6000-21000
0.20	3000-10500
0.50	1200-4200
1.0	600-2100
2.0	300-1050
5.0	120-420
10.0	60-210
20.0	30-105
50.0	12-42
100.0	6-21
300.0	0-7

Fuente: Andrew y Arnold, 1992.

3.7.1.2 Potencial de hidrógeno: La toma del pH se hizo en cada caja de desagüe de los sistemas de producción, conjunto al de temperatura con un potenciómetro digital (hanna instruments), usando solución de agua destilada en cada momento de la toma del pH, dicho instrumento fue suministrado por el laboratorio de Alimentos.

3.8 PARÁMETROS FÍSICOS

3.8.1 Sólidos Totales

La determinación de los sólidos totales filtrables se llevó a cabo empleando filtros de membranas de policarbonato, el tamaño del poro empleado es de 0.1μ , recomendado a usar. Es interesante señalar la gran cantidad de materia que se halla en intervalos de 0.1μ - 1μ , la información de la distribución de los tamaños de las partículas sólidas del agua residual tenga mayor importancia en el diseño (Metcalf y Eddy, 1996).

Los sólidos totales se obtuvieron de la evaporación de una muestra compuesta de 10ml, a una temperatura de 105° C por un tiempo de 1 hora 20 minutos, entre los cuales se tomaron tiempo de diez minutos después de la hora de evaporada la muestra, el cual no se mostró diferencia en el peso de la muestra total. Se pesó la cápsula con la muestra evaporada y se sacó por diferencia con el peso de la cápsula de evaporación (Ecuación 2).

Los filtros utilizados para la muestra de sólidos totales, están dentro del rango establecido 0.1-1 micrómetros, el cual fueron tomados los pesos en la balanza digital con pinzas al inicio de la determinación de cada muestra.

$$ST = \frac{(MCE+R)-(MCE)}{V} \quad \text{Ecuación 2}$$

ST = Sólidos Totales

MCE = masa de la cápsula de evaporación

R= residuo

V= volumen de la dilución

3.8.2 Sólidos Suspendidos

Los sólidos en suspensión pueden dar lugar a desarrollo de depósito de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático.

Los sólidos suspendidos se determinan mediante la filtración de la muestra por medio de un filtro whatman y un maquina de vació. El tamaño del poro usado es de 0.45 μ por la no existencia del mismo recomendado y el volumen de la muestra es de 10 ml. Luego se transfiere al horno donde es secado a 105° C por una hora y sacar la diferencia con el peso del filtro inicial y el peso del filtro final con la muestra.

$$SS = (\text{peso del filtro y la muestra}) - (\text{peso del filtro}) \quad \text{Ecuación 3}$$

SS = sólidos suspendidos

3.8.3 Solidos Coloidales y Disueltos

Los sólidos coloidales y disueltos se obtienen de la diferencia de los sólidos totales y los suspendidos.

$$SCD = ST-SS \quad \text{Ecuación 4}$$

SCD = sólidos coloidales y disueltos

3.8.4 Temperatura

La temperatura de las muestras se tomó en el sitio de la caja de drenaje de cada uno de los sistemas de producción, en cada 3 muestras, las cuales conforma la muestra compuesta, se realizó con un termómetro, el cual fue suministrado en el Centro de Evaluación de Alimentos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

4.1.1 Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se determinó el parámetro DBO durante un período de un mes. En el Cuadro 4, podemos observar las medias de cada semana de esta variable para sacrificio de cerdo, res y desposte de cerdo.

Cuadro 4. Resumen de la variable DBO en las 4 semanas de muestreo.

Repeticiones	Tratamientos	DBO(mg/l)
1	SAC.CERDO	803.50
2	SAC.CERDO	840.50
3	SAC.CERDO	609.10
4	SAC.CERDO	510.00
1	SAC.RES	572.00
2	SAC.RES	247.00
3	SAC.RES	430.00
4	SAC.RES	535.00
1	DESPOSTE CERDO	195.50
2	DESPOSTE CERDO	199.50
3	DESPOSTE CERDO	59.50
4	DESPOSTE CERDO	92.00

En el parámetro de DBO se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para los tres tratamientos (Cuadro 5), concluyendo que el sacrificio de cerdos contribuye a una mayor carga orgánica que los otros dos procesos. Eso era de esperarse debido al tipo de desechos como son sangre, agua residual del proceso de escaldado y la limpieza del contenido intestinal. El sacrificio de res presenta una carga menor debido a que solamente aporta al agua residual la sangre, ya que el contenido ruminal e intestinal se trata como desechos sólidos. En el proceso de desposte el efluente es el agua de limpieza al final del proceso, contaminada solamente con residuos y detergente y por ende presenta el valor más bajo.

Cuadro 5. Separación de Medias de DBO.

Tratamiento	Medias (mg O ₂ /l)*
Sacrificio de Cerdos	690.78 ^a
Sacrificio de Res	446 ^b
Desposte de Cerdo	136.63 ^c

* Medias con diferentes letras difieren entre si (P<0.05).

4.2 SÓLIDOS

4.2.1 Sólidos Totales

Para el análisis de sólidos totales se encontró una diferencia significativa (P<0.05) entre el sacrificio de cerdos y el sacrificio de res y desposte de cerdo (Cuadro 6). Concluyendo que la cantidad de sólidos del agua de escaldado y materia fecal de la limpieza de la tripa aumentaron la concentración de los sólidos en el agua residual. Mientras que el desposte de cerdo y el sacrificio de res no difieren entre si, esto es debido a que, como se menciona anteriormente, el sacrificio de reses solo contribuye con la contaminación de la sangre.

Cuadro 6. Separación de medias de sólidos totales.

Tratamiento	Medias (mg /l)*
Sacrificio de Cerdos	648.75 ^a
Sacrificio de Res	283.75 ^b
Desposte de Cerdo	180 ^b

* Medias entre columnas con diferentes letras difieren entre si (P<0.05).

4.2.2 Sólidos Suspendidos

Nuevamente podemos observar una diferencia significativa (P<0.05) entre el proceso sacrificio de cerdos con respecto a los procesos de sacrificio de res y desposte de cerdo (Cuadro 7). Como los sólidos totales de sacrificio de cerdos presentan los datos más altos de sólidos suspendidos, debido a la alta carga de sólidos totales presentes en el agua, mientras que sacrificio de res y desposte de cerdo se encuentran el mismo parámetro debido a su baja contaminación.

Cuadro 7. Separación de medias de sólidos suspendidos.

Tratamiento	Medias (mg /l)*
Sacrificio de Cerdos	63.75 ^a
Sacrificio de Res	37.5 ^b
Desposte de Cerdo	37.5 ^b

* Medias con diferentes letras difieren entre si (P<0.05).

4.2.3 Sólidos Coloidales y Disueltos

Para sólidos coloidales y disueltos, al igual que sólidos totales y suspendidos vemos un patrón en donde el sacrificio de cerdo contiene la mayor media y sacrificio de res y desposte de cerdo no tiene diferencia significativa ($P < 0.05$) entre sus medias, indicando que existe una relación directamente proporcional entre los sólidos totales, suspendidos y coloidales y disueltos. Sin embargo saber el valor de los sólidos coloidales y disueltos es necesario para la planeación de tratamiento (Cuadro 8).

Cuadro 8. Separación de medias de sólidos coloidales y disueltos.

Tratamiento	Medias (mg /l)*
Sacrificio de Cerdos	585.0 ^a
Sacrificio de Res	246.25 ^b
Desposte de Cerdo	142.5 ^b

* Medias con diferentes letras difieren entre si ($P < 0.05$).

4.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO

En el pH del agua residual se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la sala de desposte y la sala de sacrificio (Cuadro 9). Esto es debido a la mayor cantidad de materia orgánica en el proceso de sacrificio y el agua residual del proceso de desposte de cerdo conteniendo solo agua de lavado, en el cual se utiliza detergentes alcalinos.

Cuadro 9. Separación de medias de pH.

Tratamiento	Medias*
Desposte de Cerdo	6.819 ^a
Sacrificio de Res	6.697 ^b
Sacrificio de Cerdo	6.693 ^b

* Medias con diferentes letras difieren entre si ($P < 0.05$).

4.4 TEMPERATURA

En la temperatura del agua residual se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre la sala de sacrificio y la de desposte de cerdo (Cuadro 10). Esto es debido a que el agua proveniente de la sala de desposte es agua de lavado y dicha sala se mantiene a 10°C, por lo cual el agua al entrar en contacto con superficies a bajas temperaturas se enfría. Mientras que en la sala de sacrificio la temperatura es ambiental.

Cuadro 10. Separación de medias de temperatura.

Tratamiento	Medias (°C)*
Sacrificio de Cerdos	25.30 ^a
Sacrificio de Res	24.69 ^a
Desposte de Cerdo	19.49 ^b

* Medias con diferentes letras difieren entre si ($P < 0.05$).

5. CONCLUSIONES

El agua residual proveniente del proceso de sacrificio de cerdo presenta una mayor contaminación de DBO, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos coloidales y disueltos que el proceso de sacrificio de res y el proceso de desposte de cerdo.

El pH del agua residual proveniente del desposte de cerdo es mayor al del agua residual proveniente de sacrificio. Ambos se encuentran dentro de los parámetros legales hondureños de vertido en fuentes naturales.

La media de temperatura del agua residual de la sala de sacrificio es mayor a la media de temperatura del agua residual de la sala de desposte, ambas dentro los parámetros legales hondureños para su vertido en fuentes naturales.

Los valores de sólidos totales y sólidos suspendidos de todos los procesos estudiados se encuentran dentro de la norma hondureña para vertido de agua residual en fuentes naturales.

Los valores de DBO del agua residual de los procesos estudiados requieren un tratamiento biológico previo a su vertido en fuentes naturales.

6. RECOMENDACIONES

Realizar ensayos de las características de las aguas residuales en otras instalaciones de producción pecuaria en Zamorano.

Instalar medidores de agua en cada unidad de producción para su estudio de posterior en la cuantificación de agua, específicamente por producto y limpieza de cada sala.

Facilitar tecnologías que permitan la determinación de los parámetros característicos de las aguas residuales.

Realizar un análisis del agua residual para el desposte de res.

7. BIBLIOGRAFÍA

Andrew, E. y Arnold, G. 1992. Standard Methods. Examination of Water and Wastewater. American public health association. Washington, dc 20005. 18th edition, 1992.

Aguamarket, 2005. Composición de las aguas residuales. Productos y Servicios para la Industria del agua en América Latina. Revisado el 1 de septiembre del 2005. Disponible en línea: http://www.aguamarket.com/temas_interes/027.asp

Agroinformación, 2005. Tratamientos de Aguas Residuales para Industrias Cárnicas. Revisado el 18 de Octubre del 2005. Disponible en línea: <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=236>

Aqualimpia, 2005. Depuración de Aguas Residuales. Cargas Contaminantes Promedios en Mataderos. Revisado el 8 de Octubre del 2005. Disponible en línea: <http://www.aqualimpia.com/Mataderos.htm>

CTI, 2004. Industria en el Manejo de Desechos. Características de las Aguas Residuales. Revisado el 3 de Febrero del 2004. Disponible en línea: www.cti.espol.edu.ec/.../nuevoContenido/M2/Reciclaje%2520desechos%2520industriales.doc

CESCCO, 2005. Centro de Estudios y Control de Contaminantes. Evaluación de aguas residuales. Revisado el 2 de septiembre del 2005. Disponible en línea: <http://www.cescco.gob.hn/informes/Estudio%20de%20efluentes%20industriales.pdf>

Eco-portal, 2005. El Directorio Ecológico y Ambiental. Glosario de Términos Ambientales. Revisado el 7 de octubre del 2005. Disponible en línea: <http://www.ecoportal.net/content/view/full/169/offset/21>

Guillen, A. 2003. Tutorial de Análisis de Agua. En línea. Revisado el 19 de octubre de 2003. Disponible en: <http://arturobola.tripod.com/ph.htm>.

IDEAM, 2005. Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales. Demanda bioquímica de oxígeno. Revisado el 18 de septiembre del 2004. Disponible en línea: www.ideam.gov.co/apc-aa/img_upload/8f57051957af91be61e93e11638ff039/dbo.pdf

Metcalf, A. y Eddy, J. 1996. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tomo I. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, S.A. D.F. México. 752p.

S.A.S. 2003. S.A.S[®] User guide: Statistics S.A.S Inst; Cary, N.C.

Rolim, S. 2000. Sistemas de laguna de estabilización. Medición de las Concentraciones de Contaminantes en Aguas Residuales. McGRAW HILL INTERAMERICANA, S.A. Avenida de las América 46-41. Santa Fe Bogota, D.C. Colombia. 370p.

Tamayo, R. 2004. Contaminación del agua. Contaminación por Materia Orgánica. Revisado el 3 de Febrero del 2004. Disponible en línea: http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/16agua.html

Tchobanoglous, G. 1995. Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Definiciones para sólidos encontrados en agua residual. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Avenida de las América 46-41. Santa Fe Bogota, D.C. Colombia. 776p.

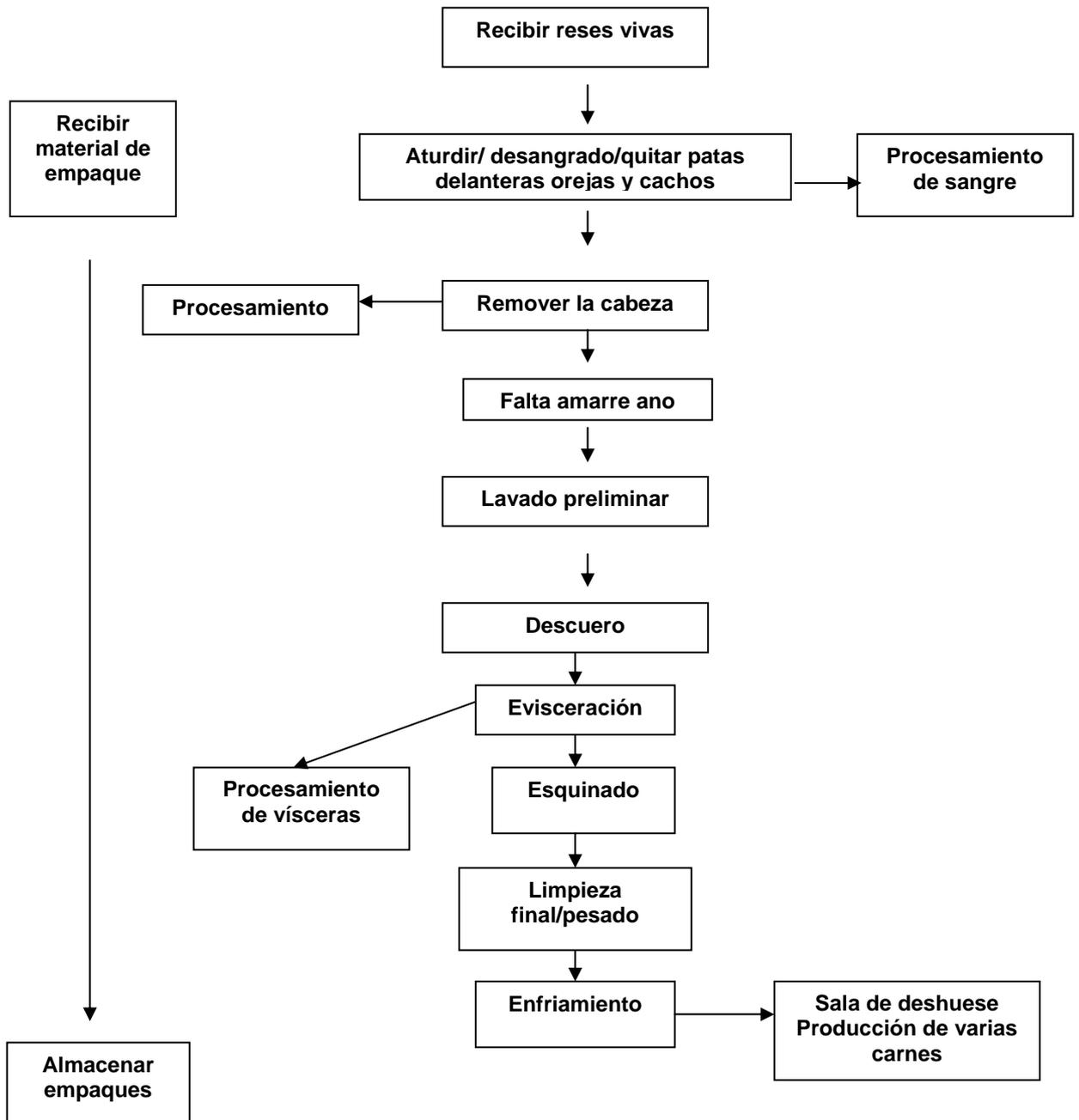
8. ANEXOS

ANEXOS 1

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SACRIFICIO DE RES

Categoría de proceso: MATANZA

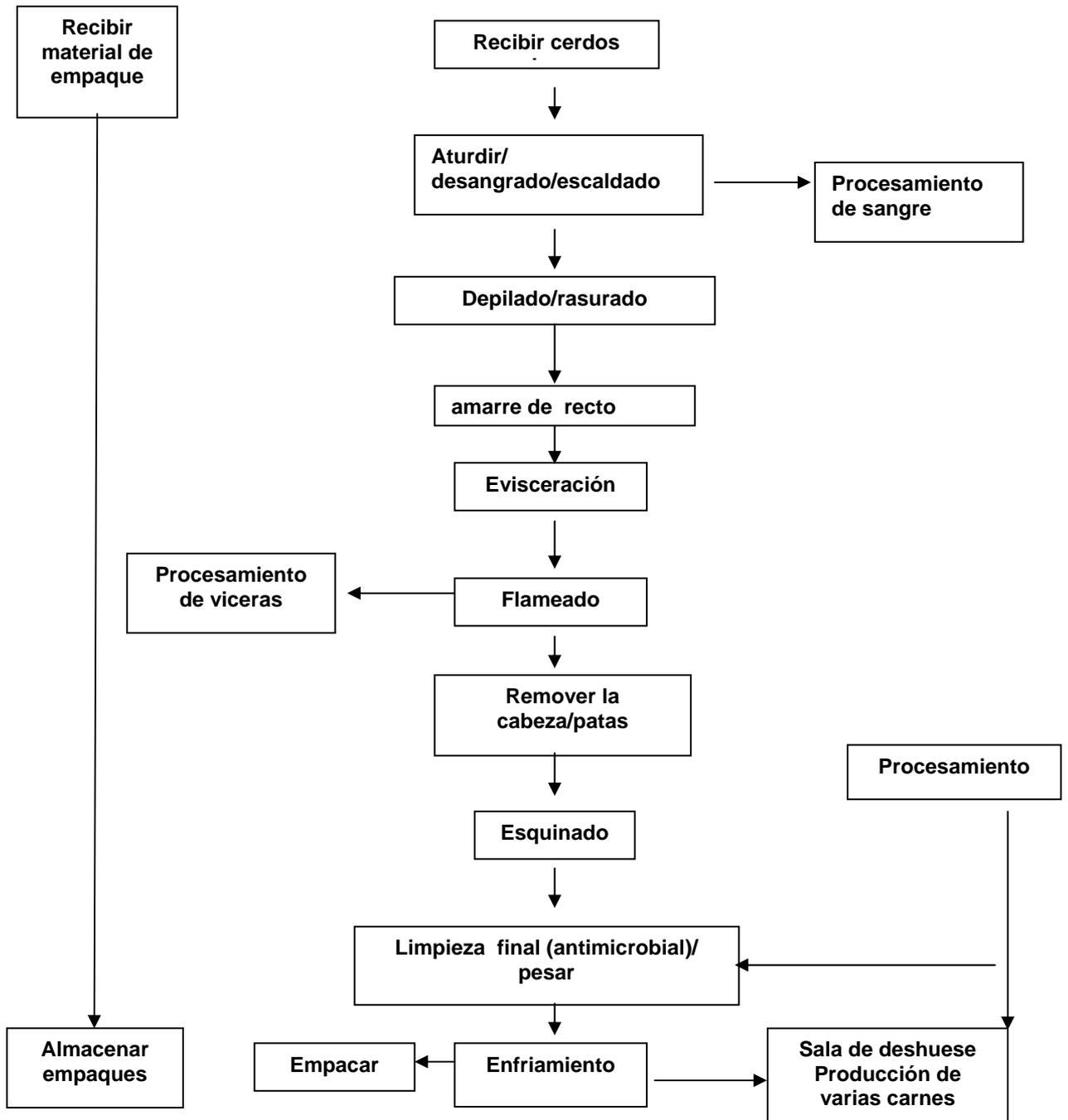
Producto: CARNE DE RES



ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SACRIFICIO DE CERDO

Categoría de proceso: MATANZA

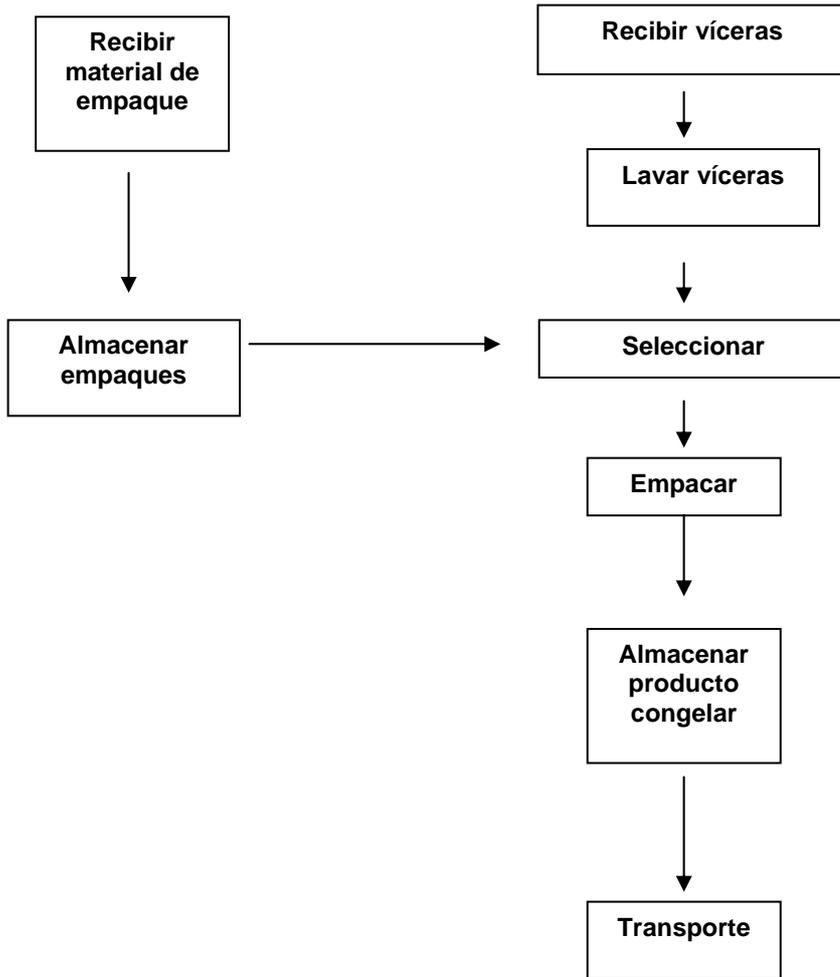
Producto: CARNE DE CERDO



ANEXO 3
DIAGRAMA DE FLUJO DE VISCERAS

Categoría de proceso: MATANZA

Producto: VICERAS



ANEXO 4
DATOS DE TEMPERATURA Y PH

Semana	Cosecha de Cerdo		Cosecha de Res		Despote	
	pH	T	pH	T	pH	T
1	6.65	25	6.62	25.5	6.85	19.2
2	6.74	24.5	6.73	25.4	6.85	21.2
3	6.76	25.3	6.75	25	6.82	19.9
4	6.65	24.6	6.62	24.6	6.76	18.6
1	6.76	24.7	6.75	24.5	6.85	19.5
2	6.72	24.6	6.65	24.3	6.85	18.3
3	6.65	24.6	6.74	25	6.82	17.5
4	6.63	24.5	6.65	25.6	6.85	18.7
1	6.75	24.6	6.72	26.7	6.72	19.3
2	6.66	24.7	6.73	25.2	6.76	19.5
3	6.63	24.5	6.65	5.46	6.85	22.4
4	6.72	24.7	6.76	26.54	6.85	19.8

ANEXO 5
CROQUIS DE LA CAJA DE DESAGUE DE DESECHOS LÍQUIDOS

