

**PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS
EN EL RELLENO SANITARIO “EL OJITO”
MUNICIPIO DE POPAYÁN**

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación
para optar al título de ingeniera ambiental

Presentado por:

JAHEN AMPARO HOYOS PALECHOR

Director:

PAULO MAURICIO ESPINOSA
Ingeniero Químico, MSc.



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2011**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma director Trabajo investigativo

Firma del Jurado 1

Firma del Jurado 2

Popayán, 25 de marzo de 2011

A Dios por darme salud y fortaleza para alcanzar esta meta..
A mis padres Amparo y José por apoyarme siempre y
esforzarse tanto dándome siempre lo mejor de ellos.
A mi familia por apoyarme incondicionalmente y confiar en mí.
A mis amigos por los gratos momentos, su confianza y lealtad.
A mi novio por acompañarme en este arduo camino
siendo mi cómplice y apoyándome infinitamente.
A mi abuelita María quien desde el cielo me guía
y aunque tarde, espero que se sienta orgullosa de mí.

AGRADECIMIENTOS

- Al ingeniero Ronald Cerón, Jefe del relleno sanitario “El Ojito” por su colaboración y total apoyo durante el desarrollo del trabajo.
- Al veterinario Leandro Cañola, Jefe de la Central de Sacrificio Municipal, por la disposición y colaboración ofrecida.
- Al ingeniero Mauricio Espinoza, por su tiempo y dedicación en la dirección del trabajo.
- A los ingenieros Guillermo Chaux , Napoleón Zambrano y María Helena Castro, por sus valiosos aportes al trabajo.
- A los compañeros, amigos y familiares por la confianza, el apoyo y la colaboración durante el desarrollo de éste trabajo.

CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	6
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1 RESIDUOS PELIGROSOS.....	16
4.1.1 DESCRIPCIÓN.....	16
4.1.2 CLASIFICACIÓN.....	17
4.1.3 MARCO LEGAL NACIONAL.....	22
4.2 SANGRE, CONTENIDO RUMINAL Y LODOS.....	23
4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL.....	23
4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA SANGRE.....	26
4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LODOS DE ALCANTARILLADO.....	31
4.3 ALTERNATIVAS DE MANEJO.....	35
4.4 PLAN DE MANEJO.....	35
5. METODOLOGÍA.....	39
6. REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL	46
6.1 GENERALIDADES.....	46
6.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS POR ACTIVIDAD.....	51
6.3 CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS POR ACTIVIDAD.....	59
6.4 MANEJO DE LOS RESIDUOS EN LAS EMPRESAS GENERADORAS.....	62
7. RESULTADOS	67
7.1 CONTENIDO RUMINAL.....	67
7.2 SANGRE.....	70
7.3 LODOS.....	73
8. ALTERNATIVAS DE MANEJO.....	75

8.1 COMPOSTAJE.....	75
8.2 ENSILAJE.....	79
8.3 LECHOS DE SECADO.....	82
8.4 OTRAS.....	89
9. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	92
9.1 ALCANCE.....	92
9.2 GRUPO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	92
9.3 PROGRAMAS.....	94
10. PRESUPUESTO	100
11. CONCLUSIONES.....	101
12. RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS	114

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Disposición de residuos en mataderos clase III, IV y mínimos	4
Tabla 2. Promedio mensual de residuos peligrosos dispuestos desde 2004.....	8
Tabla 3. Manejo de residuos en las plantas de sacrificio del Cauca.....	12
Tabla 4. Caracterización del contenido ruminal.	25
Tabla 5. Patógenos presentes en el contenido ruminal.	25
Tabla 6. Composición porcentual de la sangre	28
Tabla 7. Aportes típicos de DBO y DQO de la sangre bovina.....	28
Tabla 8. Análisis microbiológico de la sangre.	29
Tabla 9. Organismos patógenos en lodos y posibles enfermedades.....	33
Tabla 10. Concentración típica del ARD.	33
Tabla 11. Calidad del agua según NMP de coliformes fecales.	34
Tabla 12. Análisis de posibles alternativas de tratamiento.....	37
Tabla 13. Contenido ruminal y sangre generados en la Central de Sacrificio.....	59
Tabla 14. Caracterización del contenido ruminal.	68
Tabla 15. Carga contaminante generada por la sangre.	70
Tabla 16. Análisis químico de los lodos de alcantarillado de Popayán.....	73
Tabla 17. Residuos generados en un día, Central de Sacrificio de Popayán.	76
Tabla 18. Características de la mezcla compostar.....	77
Tabla 19. pH y temperaturas de los residuos ensilados durante 3 meses.....	80
Tabla 20. Actividades del Programa de Salud Ocupacional.	94
Tabla 21. Actividades del Programa de Seguridad Industrial en la Central de Sacrificio...	95
Tabla 22. Actividades del Programa de almacenamiento temporal de residuos en la Central de Sacrificio.	96
Tabla 23. Actividades del Programa de reducción en la Central de Sacrificio.....	97
Tabla 24. Actividades del Programa de gestión de residuos en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.....	97
Tabla 25. Actividades del Programa de gestión de residuos en el relleno sanitario	98

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Vehículo de succión- presión del Acueducto y Alcantarillado de Popayán ingresando al relleno sanitario.....	51
Figura 2. Diagrama de flujo de los lodos de alcantarillado.....	52
Figura 3. Diagrama de flujo del sacrificio de bovinos	54
Figura 4. Diagrama de flujo del sacrificio porcino.....	58
Figura 5. Porcentaje en peso de contenido ruminal, sangre y lodos dispuestos al mes en el relleno sanitario	61
Figura 6. Canaleta para la recolección de la sangre bovina.	63
Figura 7. Sangre porcina y subproductos.....	63
Figura 8. Tanque exterior para el almacenamiento de la sangre.	64
Figura 9. Recipientes para el almacenamiento de sangre bovina.....	64
Figura 10. Tolva para la recolección de contenido ruminal.	65
Figura 11. Contenedor para el transporte de residuos.....	66
Figura 12. Residuos después de 3 meses de ensilaje.....	82
Figura 13. Perfil de los lechos de secado de lodos.....	86

INTRODUCCIÓN

Los problemas de la disposición final de residuos en América Latina y el Caribe no sólo están afectando la salud humana, sino que están relacionados con la contaminación atmosférica, del suelo, y de las aguas superficiales y subterráneas; además, el inadecuado manejo está generando el deterioro estético de los centros urbanos y del paisaje natural en muchas ciudades de la región; lo anterior se agrava cuando se constata que, en la mayoría de ciudades, la disposición de residuos sólidos municipales y peligrosos se hace en forma conjunta e indiscriminada (OPS,1998).

De acuerdo con los resultados del informe “Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia” el país cuenta con 32 departamentos y 1.102 municipios¹; de los cuales: 758 disponen sus residuos en 255 rellenos sanitarios (80 de ellos catalogados como celdas transitorias) mientras 331 municipios continúan haciendo uso de 246 botaderos, 48 enterramientos, 7 quemas y 11 cuerpos de agua; es decir, el 30,39% del total de municipios disponen en forma inadecuada sus residuos (Superintendencia de Servicios Públicos, 2009).

Al conflicto generado por la disposición de residuos en sitios no autorizados se suma el incumplimiento técnico en materia operativa de los rellenos sanitarios, razón por la cual, la Superintendencia de Servicios Públicos adelantó acciones contra 18 prestadores del servicio de aseo en el año 2008 y 35 en el año 2009; tal

¹ solo de 1.089 municipios se tiene información sobre el tipo de disposición final empleado.

es el caso de la investigación abierta al Grupo de Aseo de Popayán encargado de la operación del relleno sanitario municipal (Superintendencia de Servicios Públicos, 2008).

En Popayán, más de 20 años lleva en funcionamiento el sitio de disposición de residuos sólidos llamado “El Ojito”; en un principio su inadecuado manejo hizo que operara como botadero a cielo abierto, hasta que empezó a implementarse el Plan de Manejo de Residuos que lo ha ayudado a funcionar como relleno sanitario (Camayo, 2004); sin embargo, las falencias operativas hacen evidente la incorrecta disposición de los residuos dado que, entre otros, no se garantiza la conformación de una celda diaria cubierta, ni la existencia de una celda exclusiva para el tratamiento de residuos especiales (Penagos, 2008).

Al relleno sanitario “El Ojito” llegan además de los residuos domiciliarios de la ciudadanía Payanesa y municipios cercanos, residuos hospitalarios, residuos de la Central de sacrificio (sangre y contenido ruminal) y lodos provenientes de las redes de alcantarillado de la ciudad; los residuos hospitalarios reciben un tratamiento especial porque son considerados peligrosos, los residuos de la Central de sacrificio y los lodos de alcantarillado son dispuestos de manera conjunta con los ordinarios, sin recibir ningún tipo de tratamiento diferencial, pese a las características infecciosas que sugieren y que los convierte en residuos peligrosos tal como lo estipula el Decreto 4741 de 2005.

La disposición de lodos procedentes de las redes de alcantarillado y de plantas de tratamiento de aguas (PTAR) en rellenos sanitarios o en mono rellenos (para evitar su llegada a ríos, lagunas y costas) es una práctica muy usual en Colombia, aunque no hay una reglamentación específica sobre su manejo (Torres *et al.*, 2009). La Norma 40 CFR. parte 503 (EPA, 2003) establece un precedente importante en cuanto al manejo de lodos fijando límites de metales pesados,

calidad microbiológica y atracción de vectores; dicha norma ha servido de referencia para que países como México, Brasil, Argentina y Chile regulen el uso y disposición de lodos. En Colombia no hay una norma aprobada al respecto (Torres *et al.*, 2009).

El lodo de alcantarillado puede ser tratado con distintos propósitos: la digestión de lodos genera metano el cual puede ser útil en la producción de calor y energía; una vez estabilizado, puede ser utilizado en cultivos agrícolas y en terrenos forestales, añadiendo sustancias nutritivas a los suelos deficientes; secado para convertirlo en cobertura final de los rellenos (Dáguer, 2004) o puede ser horneado para fabricar ladrillos. La presencia de contaminantes dañinos, incluyendo patógenos y metales pesados, es algo de que preocuparse al tratar el lodo y deben tomarse los pasos apropiados para minimizar su presencia (Reynolds, 2002).

En cuanto a los mataderos; en Colombia hay 1.324 plantas realizando labores de beneficio de animales (INVIMA, 2009) y produciendo residuos, pese a que esta actividad productiva promueve altos niveles de empleo permanente no calificado, sus procesos y tecnología dominante son altamente ineficientes (OEA ,2006) lo que genera una gran presión sobre los recursos naturales y la salud pública.

La industria cárnica se caracteriza por una cultura de mínimo aprovechamiento, donde no se desarrollan procesos de recuperación y manejo de subproductos (OEA, 2006); la mayoría de los mataderos en Colombia vierten los residuos sólidos provenientes de los estómagos e intestinos de los animales en corrientes de agua, mientras los demás residuos tienen como destino final los rellenos sanitarios (Red Interinstitucional de Tecnologías limpias, 2009); la problemática ambiental desencadenada por el manejo dado a los residuos en los mataderos se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 1. Disposición de residuos en mataderos clase III, IV y mínimos

PARÁMETRO	Número	%
Mataderos	1.311	100
Disposición de residuos sólidos		
Municipios	524	40
Indefinido	787	60
Destino sangre		
Consumo humano	853	65
Vertimiento a los ríos	433	33
Procesos industriales	13	1
otros	12	1
Contenido ruminal		
Campo abierto	646	46
Directo a los ríos	585	45
Enterramiento	35	3
Uso industrial	30	2
otro	15	1
Mataderos clandestinos	1.500	

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2002

Debido al alto impacto que tiene el inadecuado manejo y disposición de estos subproductos, éste se constituyó en la problemática ambiental de mayor importancia para definir alternativas de producción más limpia (PML) en los Centros de beneficio animal (Guerrero y Monsalve, 2006); considerando además, la variedad de proteínas y nutrientes, que en la actualidad están siendo desperdiciados, y que pueden ser aprovechados por industrias como la agropecuaria, alimenticia, farmacéutica y hasta la cosmética (Silva y Chocontà, 2007).

Actualmente las normas ambientales están enfocadas en lograr un manejo integral de los residuos (especialmente los peligrosos) apelando la responsabilidad de los generadores, para aprovechar todas sus propiedades y evitar que lleguen a los sitios de disposición final, es así como la Ley 9 de 1979 en su artículo 31 estipula

que “quienes produzcan basuras con características especiales, en los términos que señale el Ministerio de Salud, serán responsables de su recolección, transporte y disposición final”; en el artículo 52 de la Resolución 2309 de 1986 se define el tratamiento de residuos especiales como “el proceso de su transformación física, química y biológica utilizado para modificar sus características, con el propósito de disponerlos”.

Mediante este trabajo de investigación (desarrollado a mediados del año 2008), se formula el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos del relleno sanitario “El Ojito” de Popayán específicamente para contenido ruminal, sangre y lodos de alcantarillado; de acuerdo con la Norma ISO 14001, basada en la conformación de proyectos que consideran los principios básicos de la gestión integral de residuos desde su generación hasta la disposición final, identificando además, procesos de PML que puedan ser implementados en las empresas involucradas, y que permitan minimizar los impactos ambientales negativos que actualmente está generando la disposición de estos residuos.

1. ANTECEDENTES

Desde 1986 se encuentra en funcionamiento el sitio de disposición final del Municipio de Popayán, el cual, se ubica al Occidente de la ciudad, en la vía que conduce al Municipio del Tambo. Inicialmente por convenio entre la Corporación Autónoma del Valle del Cauca y la Universidad del Valle, se definió un Relleno Sanitario para la ciudad con el fin de dar un sistema integral de manejo a los residuos sólidos; ubicado a 3 km del perímetro urbano, en un lote a media ladera de 11,18 ha (Camayo, 2004), llamado “El Ojito” por la cercanía a cuerpo de agua con el mismo nombre y que limita parte del lote.

La falta de políticas contundentes sobre el manejo adecuado de los residuos y la carencia de inversión del municipio hizo que en un principio “El Ojito” no operara como relleno sino que estuviera cada vez mas cerca de un botadero a cielo abierto; hasta que en el año 2001, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) establece mediante Resolución No. 0633 del 27 de Agosto del 2001 el Plan de Manejo Ambiental, a partir de ese instante se han desarrollado una serie de actividades importantes para lograr la operación como relleno sanitario.

Hasta ese momento el manejo de los residuos con características de peligrosidad estaba referido solo a los residuos hospitalarios, por ello en el año 2003 se crea el Proyecto de la Ruta Hospitalaria, el cual consistía en la recolección, transporte y disposición final de los residuos hospitalarios en una celda de seguridad, cuyo diseño fue aprobado por la CRC (Camayo, 2004).

Hacia el 2005 los residuos peligrosos también comprendían los desechos de la Central de Sacrificio y Faenado del Municipio de Popayán, específicamente estiércol, decomisos (partes del animal que sanitariamente no son aptos para el consumo humano o animal), contenido ruminal y en algunas ocasiones sangre.

En el mismo año el Comité Departamental de Cafeteros del Cauca, mediante convenio No. FPRMA-004 con la UMATA (Unidad de Asistencia Agropecuaria y de Medio Ambiente) empieza la construcción de una planta procesadora de residuos sólidos orgánicos en los predios que pertenecen a la UMATA dentro del lote del relleno sanitario; la planta procesadora tendría por objeto aprovechar el contenido ruminal, el estiércol y los residuos sólidos de las galerías (Esmeralda, Bolívar, Las Palmas y Alfonso López) transformándolos en compost. A cargo de la UMATA también se encontraría la operación de un biodigestor que hiciera uso del estiércol porcino y el contenido ruminal para obtener biogás. Desde entonces el funcionamiento de la planta de compostaje y del biodigestor ha sido intermitente debido a la falta de recursos para contratar al personal requerido y hacer el mantenimiento de los sistemas (UMATA, 2009).

A mediados de 2005 los residuos que representaban algún tipo de riesgo para la salud humana y el ambiente, por sus presuntas propiedades infecciosas, además de los hospitalarios, la sangre y el contenido ruminal, incluían los lodos recolectados durante la limpieza del sistema de alcantarillado de Popayán, ejecutada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado, los cuales son dispuestos en “El Ojito” sin tratamiento especial.

En la Tabla 2, se estima el promedio de residuos recibidos en el relleno sanitario desde 2004, y el aporte de cada uno de los residuos peligrosos en toneladas al mes; aunque no existe registro de la entrada de sangre, se confirmó su disposición con los operarios y el actual Jefe del relleno.

Tabla 2. Promedio mensual de residuos peligrosos dispuestos desde 2004.

RESIDUOS	2004	2005	2006	2007	2008
	PROMEDIO t/mes				
Total residuos	4.556,12	4.376,73	4.516,41	4.825,27	5.789,64
Hospitalarios	18,18	19,21	26,41	21,85	31,46
Lodos acueducto	¹	² 25,61	³ 3,93	47,49	66,50
Contenido ruminal	¹	72,46	66,77	37,99	⁴ 27,02

¹no hay registro de la entrada de este residuo.
²solo hay registro de la entrada del residuo de agosto a diciembre.
³solo hay registro de la entrada del residuo en enero.
⁴durante el año llegaron bajas cantidades de este residuo.

Fuente: Relleno Sanitario “El Ojito”, Informes mensuales

En el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos para Popayán 2006 – 2020, se fijó como objetivo conocer la problemática de los residuos peligrosos, considerando para ello el diseño de un plan de manejo; prueba de la gestión que se ha desarrollado con parte de los residuos peligrosos es el Manual para el Manejo de Residuos Hospitalarios escrito por el Ministerio de Salud anexado en el PGIR; sin embargo, los lodos de alcantarillado, el contenido ruminal y la sangre no reciben el tratamiento apropiado pese a los requerimientos legales y a las exigencias de las autoridades ambientales, ya que la disposición de estos residuos no incluye un tratamiento técnico especial adecuado, que controle el riesgo sanitario que representan.

Pese a que en el Decreto 838 de 2005 se prohíbe el ingreso de lodos contaminados y residuos peligrosos, la disposición de éstos se hace mediante acuerdos internos. En el relleno sanitario “Doña Juana” se disponen los lodos estabilizados provenientes de la PTAR “El Salitre” como cobertura de taludes, disminuyendo el requerimiento de tierra para tal fin y dando solución a la disposición de más de 50 toneladas de lodo al día (Dágner, 2004).

El tratamiento de residuos como los provenientes de la Central de sacrificio y el alcantarillado municipal está encaminado hacia el aprovechamiento de la gran

cantidad de compuestos orgánicos que contienen (Guerrero y Monsalve, 2006), se resalta la importancia de la separación y minimización de los residuos mediante estrategias de PML (Ministerio de ambiente, 2007) que logren entre otros, evitar la contaminación de cuerpos hídricos y reducir la carga de los rellenos, aumentando con ello su periodo de vida útil (Parra Zeballos, 2004).

Una de las técnicas más usadas en Colombia para el aprovechamiento de los residuos orgánicos es el compostaje (Jaramillo y Zapata, 2008); el compostaje es la descomposición de materia orgánica por una gran cantidad de microorganismos en un medio húmedo, caliente y aireado (Parra Zeballos, 2004), esta técnica permite utilizar gran variedad de residuos orgánicos y ejercer control sobre los procesos de degradación de los mismos (Mendoza, 2009); en Risaralda se logró identificar al compostaje como la estrategia mas adecuada para el tratamiento de todos los subproductos de las plantas de beneficio de animales de la región, pese a que la mayoría de estas plantas son de baja clasificación (IV) y están en riesgo de cierre (Guerrero y Monsalve, 2006). La empresa Carnes y derivados de Occidente S.A, es una planta de beneficio de primera clase con un sacrificio promedio mensual de 10.400 bovinos; donde se ha logrado implementar una planta de compostaje en la que se utiliza estiércol, contenido ruminal seco y los lodos de su PTAR para producir un compost que cumple con todos los requerimientos del ICA para abono orgánico; la sangre es deshidratada industrialmente obteniendo harina (Moncaleano, 2008); estos productos logran ser comercializados a nivel nacional ya que cumplen con todos los requerimientos ambientales para su uso.

2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, los residuos considerados peligrosos son residuos o desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo o daño a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se consideran residuos o desechos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

En el relleno sanitario “El Ojito” se disponen alrededor de 175 t/día de residuos de Popayán y municipios vecinos (Cerón, 2008); de éstos, se consideran peligrosos los residuos hospitalarios, lodos de alcantarillado y desechos de la Central de sacrificio, específicamente contenido ruminal y sangre, debido a las características infecciosas que sugieren por la posible presencia de organismos patógenos.

En el año 2008 los residuos hospitalarios eran dispuestos en una celda exclusiva mediante un plan de manejo; no obstante, los lodos de alcantarillado, el contenido ruminal y la sangre son dispuestos a campo abierto combinados con los residuos domiciliarios. Pese a que el aporte de estos residuos al total es bajo (en el año 2008 aportaron solo el 2,16 %, esto es aproximadamente 3,77 t/día), la importancia de hacer un tratamiento técnico especial radica en la peligrosidad sanitaria que estos representan, ya que la actual disposición conjunta produce olores nauseabundos, proliferación de vectores, impacto visual negativo e incremento de lixiviado, haciendo que el riesgo sanitario generado tenga un efecto sinérgico, pues los agentes patógenos existentes tales como bacterias, parásitos, y hongos pueden tener la suficiente virulencia y concentración como para causar

enfermedades en los seres humanos o en animales que entren en contacto con ellos.

En el país operan 1.324 mataderos legalmente constituidos (INVIMA, 2009), los mataderos de clase I y II (corte semi-industrial) representan el 5% y sacrifican cerca de la mitad del consumo nacional, las clases III y IV el 16% y el 79% restante corresponde a los denominados planchones o mataderos mínimos que poseen una infraestructura inadecuada y un atraso evidente en tecnología y manejo de residuos (Silva y Chocontá, 2007).

El sacrificio de ganado vacuno en el año 2009 a nivel nacional fue de 3'825.879 cabezas (DANE, 2009), produciendo un volumen aproximado de sangre de 65.570,29 m³ y 76.823,65 toneladas de contenido ruminal², residuos caracterizados por altas concentraciones de compuestos orgánicos, N y presencia de elementos patógenos (Benavidez, 2006); considerando el escaso tratamiento dado a los subproductos cárnicos y el gran porcentaje de mataderos que por limitaciones de carácter técnico y económico optan por la contaminación ambiental (Silva y Chocontá, 2007), se vislumbra la gran problemática que genera el inadecuado manejo de más del 50% de los residuos generados por los mataderos.

Esta y otras razones, motivaron el desarrollo del Plan de racionalización de plantas de beneficio animal, el cual pretende reducir la cantidad de mataderos a nivel nacional, buscando que las plantas que presten el servicio de beneficio sean viables desde el punto de vista ambiental, sanitario, económico y social (INVIMA, 2009); en el Cauca, el estudio de pre-factibilidad hecho a las 38 plantas de sacrificio, arrojó los datos presentados a continuación:

² Considerando 17,40 L de sangre y 20,08 kg de contenido ruminal por animal sacrificado en Colombia, estos valores son el promedio de los datos reportados en trabajos nacionales por: Guerrero y Monsalve en 2006, Beltrán y Perdomo en 2007, Moncaleano en 2008, Rojas y Bolaños 2009.

Tabla 3. Manejo de residuos en las plantas de sacrificio del Cauca.

Manejo	Nº Plantas	Descripción
Sangre		
Si	2	Toribío tiene permiso de vertimiento. Popayán tiene permiso de vertimiento a su PTAR.
No	33	No poseen infraestructura ni programa que garantice que el residuo es almacenado, dispuesto o entregado a segundos para posterior aprovechamiento.
No aplica	3	Silvia, Puracé y Balboa la envían a PTAR municipal.
Contenido ruminal		
Si	6	Buenos Aires, Morales, Piamonte, Piendamó, Timbío aunque existen las estructuras, no se evidenció el manejo. En Popayán se asume que es recogido y entregado a la UMATA para posterior aprovechamiento.
No	32	No poseen infraestructura ni programa que garantice que el residuo es almacenado, dispuesto o entregado a segundos para posterior aprovechamiento.

Fuente: Secretaria de Desarrollo de Agricultura y Minero del Cauca, 2010

Los resultados de este estudio fueron contundentes, de las 38 plantas, la de Popayán es la única que tiene un concepto favorable, pero condicionado por el manejo de la sangre la cual no puede ser enviada a la PTAR; en términos generales ninguna hace un tratamiento adecuado de sus residuos, ya que los vertimientos a cuerpos de agua o la disposición en rellenos sanitarios son prácticas inapropiadas, a menos que se haga tratamiento de los residuos antes de su disposición (Secretaria de Desarrollo de Agricultura y Minero del Cauca, 2010). Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), en el año 2009 se sacrificaron 236'003.000 cabezas de ganado a nivel mundial, generando un volumen de sangre aproximado de 4'028.571,21 m³ y 9'912.126 toneladas de contenido ruminal³.

³ Considerando 17,07 L de sangre y 42 kg de contenido ruminal por animal sacrificado, estos valores son el promedio de los datos reportados en trabajos internacionales por: IPCC en 2003, Parra Zeballos en 2004, Araujo y Vergara en 2007, Signorini en 2007, Guerrero Marín en 2010.

El manejo dado a estos residuos depende, en gran medida, de la legislación que cada país tenga al respecto; por ejemplo en la Unión Europea el Reglamento ABP 1774/2002/CE prohíbe la entrada de sangre o contenido del rumen a las EDAR (Estación depuradora de aguas residuales), razón por la cual estos residuos son procesados en grandes plantas que los convierte en materia útil para alimento y pienso, cosméticos, productos farmacéuticos y médicos, productos técnicos y fertilizantes, entre otros (IPCC, 2003). Por otra parte, el desarrollo de tecnologías aplicadas a este sector en países como México se ha quedado en simples demostraciones, porque la normatividad mexicana no ha sido adecuada suficientemente para cubrir todas sus posibles aplicaciones (Uicab-Brito y Sandoval, 2003), esta situación se ve reflejada en los resultados del estudio en el que se evaluaron las características físicas, operativas y sanitarias de los mataderos que proveen carne a localidades con más de 50.000 habitantes; en total 306 establecimientos, de ellos más del 90% carece de planta de rendimiento, no produce harina de sangre, ni destina ésta a ningún proceso posterior, en la mayoría de los casos la sangre y los alimentos en digestión son arrastrados por el agua que es vertida en canales o arroyos cercanos ya que tan sólo el 20% posee tanques de tratamiento para sus aguas (Signorini, 2007).

En cuanto al manejo de lodos, se puede afirmar que la limpieza de sedimentos en las redes de alcantarillado trae como consecuencia la exposición a subproductos putrefactos sometidos mucho tiempo a condiciones anaerobias; la descomposición de estos desechos, da lugar a la generación de malos olores y condiciones nocivas para el ser humano, por los patógenos procedentes de las heces fecales y la presencia de metales pesados (Alarcón, 2002). Las características de estos sedimentos dependen del agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal y ésta corresponde a una amplia variedad de usos, la cantidad de sedimentos puede variar con la estación del año e incluso puede tener

fluctuaciones diarias que responden a la dilución de desechos (Valdés y Vásquez, 2003).

Generalmente, los lodos del mantenimiento del sistema de alcantarillado y los lodos provenientes de las PTAR tienen una disposición conjunta por las características que los asemejan, en Colombia se ha estimado una producción anual de 111.000 toneladas de lodos, sólo en Bogotá, Medellín y Cali, que son dispuestos en rellenos sanitarios o en mono-rellenos (Lozada *et al.*, 2005), tal cantidad de lodos, hace que la disposición actual de estos desechos en los rellenos sanitarios sea una situación totalmente anti-técnica, por los perjuicios económicos, sociales y ambientales que generan (Alarcón, 2002).

El propósito de este trabajo de grado fue apoyar al Grupo de Aseo adscrito a la Secretaria de Infraestructura del municipio de Popayán consciente de las falencias que presenta en cuanto a la disposición sanitaria de residuos como contenido ruminal, sangre, lodos de sumideros y colectores, mediante la contribución de prácticas de Ingeniería Ambiental que generen alternativas de tratamiento plasmadas en un Plan de manejo que cumpla los marcos legales, técnicos, ambientales, económicos y éticos; así mismo involucrar a las entidades generadoras de estos residuos en el proceso de estructuración del plan creando en ellos un sentido de responsabilidad ambiental y de esta forma adquirir conocimientos prácticos sobre la disposición de residuos especiales causando el menor daño al medio y a la salud pública.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Formular el Plan de Manejo para residuos peligrosos recibidos en el relleno sanitario “El Ojito” (lodos de alcantarillado, contenido ruminal y sangre), donde se establezcan las herramientas de gestión necesarias para que la identificación, transporte, tratamiento y almacenamiento temporal de estos residuos se logre de una manera integral desde su generación hasta su disposición final, con el menor impacto negativo posible sobre la salud pública y la calidad ambiental.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la problemática en cuanto a la generación, recolección y disposición final de los residuos peligrosos que llegan al relleno sanitario “El Ojito” de Popayán específicamente contenido ruminal, sangre y lodos de alcantarillado.
- Identificar las características de peligrosidad que presenta cada uno de los residuos especiales del relleno sanitario.
- Analizar económica, técnica y ambientalmente alternativas de manejo a las que puedan ser sometidos los residuos peligrosos considerados, para minimizar los impactos negativos de forma eficaz, incluyendo procesos de aprovechamiento.
- Proponer alternativas de manejo dentro de las limitaciones legales, técnicas, sanitarias, económicas y sociales que puedan ser adoptadas en el mediano ó corto plazo.
- Formular el Plan de Manejo para residuos peligrosos recibidos en el relleno sanitario “El Ojito” (lodos de alcantarillado, contenido ruminal y sangre).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. RESIDUOS PELIGROSOS

A nivel mundial, se ha encontrado que el manejo de residuos peligrosos presenta diversas problemáticas que dificultan la elaboración de programas en torno a ellos, debido entre otras causas, a la insuficiencia de información específica sobre su composición, generación y manejo integral, haciendo que los generadores y receptores adopten sus propias conductas de manejo, las cuales generalmente son susceptibles de causar severos problemas inmediatos o tardíos al ambiente y a la salud pública (Marín y Arboleda, 2008).

4.1.1. Descripción

El PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) define a los residuos peligrosos como residuos no radiactivos que, como consecuencia de su actividad química o características tóxicas, explosivas, corrosivas u otras suponen o pueden suponer un peligro para la salud o el ambiente; los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente, son por sus características de alto riesgo generalmente controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental y no se incluyen en la definición de residuos peligrosos (Ministerio de Ambiente, 2007).

El Convenio de Basilea (1989), describe a los residuos peligrosos como: las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional

(Castro y Aguilar, 2007); en el caso de la legislación colombiana la norma vigente es el Decreto 4741 de 2005.

Según el decreto 4741 de 2005 se consideran residuos peligrosos aquellos con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas que puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente, así mismo se define como objetivo fundamental propender por el manejo ambientalmente adecuado de los mismos, con el fin de minimizar los riesgos sobre la salud humana y el ambiente contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

4.1.2. Clasificación

En cuanto a la clasificación de residuos peligrosos, existen varios criterios y propiedades a tener en cuenta, este tipo de residuos se catalogan dependiendo de convenios y reglamentaciones internacionales y nacionales, a continuación se enuncian algunos de los sistemas de clasificación más relevantes:

Agencia de Protección ambiental de Estados Unidos (EPA)

La EPA ha definido varias listas (40 CFR. 261.30), en ellas se nombran residuos que son considerados peligrosos sin importar la concentración de los constituyentes peligrosos que posea. Las listas son extensas y clasifican los residuos en:

- Lista F: Residuos de fuentes no específicas: Incluye residuos de procesos industriales genéricos, que pueden darse en diferentes sectores industriales.

- Lista K: Residuos de fuentes específicas: Incluye residuos de trece sectores industriales (1. Preservación de la madera, 2. Manufactura de productos químicos orgánicos, 3. Manufactura de pesticidas, 4. Refinería de petróleo, 5. Manufactura de fármacos veterinarios, 6. Manufactura de pigmentos inorgánicos, 7. Manufactura de productos químicos inorgánicos, 8. Manufactura de explosivos, 9. Producción de hierro y acero, 10. Producción primaria de aluminio, 11. Procesamiento secundario de plomo, 12. Formulación de tintas, 13. Producción de coke)
- Lista P: descartes de productos químicos y formulaciones comerciales. Los productos químicos incluidos en esta lista son tóxicos agudos.
- Lista U: está integrada por productos químicos tóxicos e incluye otros que tienen características, tales como inflamabilidad o reactividad.
- Existe además otra lista constituida por los residuos que exhiben solamente características de inflamabilidad, corrosividad y/o reactividad; es un inventario de 29 residuos, que no son regulados de igual forma que los anteriores.

Comunidad Europea

Por su parte la Comunidad Europea utiliza una lista de residuos, denominada comúnmente "Catalogo Europeo de Residuos", donde están indicados los residuos que consideran peligrosos. Se trata de una lista armonizada que clasifica los residuos peligrosos de acuerdo a la fuente que los genera (Martínez, 2005):

- Residuos de la prospección, extracción, preparación y otros tratamientos de minerales y canteras.

- Residuos de la producción primaria agraria, hortícola, de la caza, de la pesca y de la acuicultura; residuos de la preparación y elaboración de alimentos.
- Residuos de la transformación de la madera y de la producción de papel, cartón, pasta de papel tableros y muebles.
- Residuos de la industria textil, del cuero y de la piel.
- Residuos del refinado de petróleo, purificación del gas natural y tratamiento pirolítico del carbón.
- Residuos de procesos químicos inorgánicos.
- Residuos de procesos químicos orgánicos.
- Residuos de la formulación, fabricación, distribución y utilización (FEDU) de revestimientos (pinturas, barnices y esmaltes vítreos), pegamentos, sellantes y tintas de impresión.
- Residuos de la industria fotográfica.
- Residuos inorgánicos de procesos térmicos.
- Residuos inorgánicos procedentes del tratamiento y revestimiento de metales y de la hidrometalurgia no férrea.
- Residuos del moldeo y tratamiento de superficie de metales y plásticos
- Residuos de aceite (excepto aceites comestibles).
- Residuos de sustancias orgánicas utilizadas como disolventes.
- Residuos de envases; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría.
- Residuos no especificados en otro capítulo de la lista.
- Residuos de la construcción y demolición (incluyendo la construcción de carreteras).
- Residuos de servicios médicos o veterinarios y/o de investigación asociada (salvo los residuos de cocina y de restaurante no procedentes directamente de los servicios médicos).

- Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la industria del agua.
- Residuos municipales y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias instituciones, incluyendo las fracciones recogidas selectivamente.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

En el decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente y en la Guía para la clasificación de residuos peligrosos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se clasifican los residuos peligrosos en función de sus propiedades físicas, químicas o infecto-contagiosas que pueden presentar riesgo a la salud pública, provocando o contribuyendo, de forma significativa, a un aumento de la mortalidad e incidencia de enfermedades o presentar riesgos al ambiente cuando es manipulado o dispuesto inadecuadamente, de la siguiente manera (Benavidez,1993), (Ministerio de ambiente, 2005):

- Residuos reactivos: Generan gases, vapores y humos tóxicos cuando se mezclan con agua, producen una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados, Provocan o favorecen la combustión.
- Residuos corrosivos: Acuosa y con pH menor o igual a 2, o mayor o igual a 12.5 unidades
- Residuos explosivos: Sólidos o líquidos que de manera espontánea, por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad considerables.

- Residuos inflamables: Residuos o desechos que en presencia de una fuente de ignición, pueden arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.
- Residuos radiactivos: Cualquier material que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva capaz de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza corpuscular o electromagnética.
- Residuo tóxico: Aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana y/o al ambiente.
- Residuo infeccioso: Residuo que contiene agentes patógenos con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales.

En el mencionado decreto se utilizan 3 listas para identificar los residuos peligrosos a nivel nacional:

- Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades: se mencionan actividades productivas y constituyentes específicos.
- Residuos o desechos peligrosos por corrientes de residuos: desechos metálicos o que contengan metales; desechos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos, que puedan contener metales o materia orgánica; desechos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que puedan contener metales y materia inorgánica; desechos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos.
- Características de peligrosidad de los residuos o desechos peligrosos: se describen las propiedades que le confieren a un residuo características

corrosivas, reactivas, explosivas, infecciosas, inflamables, radiactivas, tóxicas.

4.1.3. Marco Legal Nacional

A continuación se hace una relación de las leyes y decretos más relevantes en la gestión adecuada de los residuos considerados como peligrosos:

- Ley 9ª de 1979: Código Sanitario Nacional, es un compendio de normas sanitarias para la protección de la salud humana.
- Resolución 2309 1986: Dicta normas para el manejo de residuos especiales, su almacenamiento, transporte, tratamiento y demás medidas generales.
- Ley 430 de 1998: Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2676 de 2000: Por la cual se reglamenta el manejo integral de residuos hospitalarios.
- Resolución 1045 de 2003: Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
- Decreto 4741 de 2005: Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

4.2. SANGRE, CONTENIDO RUMINAL Y LODOS

En toda Latinoamérica existen deficiencias técnico sanitarias en el proceso cárnico, convirtiéndola en una industria altamente contaminante por los desechos generados como: sangre y contenido ruminal (Garzón, 2010), éstos contienen altas concentraciones de materia orgánica y patógenos, de tal modo que su vertimiento sobre cuerpos de agua y suelo genera la contaminación del ambiente y sus consecuentes efectos negativos en la calidad de vida de los ciudadanos, transformando ríos, antes caudalosos y cristalinos en cloacas malolientes, colmadas de ratas y moscas transmisores de enfermedades (Cepis, 2005).

Las particularidades de los lodos provenientes del sistema de alcantarillado están asociadas al potencial infeccioso y la gran cantidad generada, motivo de preocupación para los operadores por los requerimientos de espacio y tecnología necesarios para su disposición, ya que la presencia de organismos procedentes de las heces fecales los convierte en un factor de riesgo para el ambiente y la salud pública.

Las características de cada uno de los residuos determinan sus posibles alternativas de uso, mediante estas alternativas se reduce la cantidad de éstos residuos que deben disponerse como no aprovechables en los rellenos sanitarios, a continuación se describen y caracterizan el contenido ruminal, la sangre y los lodos de alcantarillado.

4.2.1. Descripción del contenido ruminal.

Los rumiantes son mamíferos herbívoros que poseen en su sistema digestivo cuatro estómagos: retículo, rumen ó panza, omaso y abomaso; cuando la alimentación es consumida, viaja por el esófago al rumen y al retículo, la rumia

sucede a causa de las constantes contracciones del rumen-retículo que mueve la masa de alimentos hacia delante hasta entrar contacto con la abertura posterior del esófago donde es re-masticada (Saviano, 2010). El rumen es un órgano de fermentación en cuyo interior se lleva a cabo la digestión de celulosa y otros polisacáridos mediante la actividad microbiana, porque estos animales carecen de las enzimas necesarias para digerirlos (Carrillo, 2003). Las reacciones químicas que ocurren en el rumen requieren la actividad combinada de una variedad de microorganismos entre los que predominan las bacterias anaerobias estrictas; *Fibrobacter* y *Ruminococcus* que son las bacterias más abundantes, los *Ruminobacter*, *Succinomonas* y *Lachnospira* están en minoría (Carrillo, 2003).

En una vaca el rumen tiene una capacidad de 100 a 150 L, a una temperatura y acidez constantes (39°C, pH 6,50). El contenido ruminal es el alimento ingerido por la vaca que es desechado al momento del sacrificio. Es una mezcla de material no digerido que tiene la consistencia de una papilla, con un color amarillo verdoso y un olor característico muy intenso cuando está fresco, además posee gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal (Trillos, 2006).

4.2.1.1. Caracterización del contenido ruminal.

La composición química y mineral del contenido ruminal es muy variable debido a que depende exclusivamente del tipo de alimentación al que están sujetos los animales, previo a su beneficio (Mori y Yumi, 1991). Generalmente, se encuentra alta concentración de celulosa, hemicelulosa, lignina, y un bajo contenido en grasas, proteína y ceras (Bonilla y Mosquera, 2007); el bajo contenido en materia seca (< 20 %), alto contenido de fibra cruda (> 30 %) y bajo tenor de proteína (< 15 %) determinan el carácter voluminoso de este residuo (Morales et al., 1996); en la Tabla 4, se muestra la composición típica del contenido ruminal.

Tabla 4. Caracterización del contenido ruminal.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
pH acuoso	6,1	Calcio (mg/kg)	2.100
Contenido de humedad (%)	87	Magnesio (mg/kg)	810
Nitrógeno total (%)	2,2	Arsénico (mg/kg)	< 0,20
Materia Orgánica (%)	90	Cadmio (mg/kg)	< 2,0
Cenizas (%)	10	Mercurio (mg/kg)	< 0,030
Fosforo total (mg/kg)	6.600	Plomo (mg/kg)	< 0,56
Cianuro total (mg/kg)	1,6	Sodio (mg/kg)	20.000

Fuente: Parra Zeballos, 2004

Este residuo se caracteriza por la presencia de gran cantidad de protozoos y hongos: aproximadamente 10^6 protozoos/mL, principalmente ciliados, algunos anaeróbicos obligados (una característica poco frecuente entre los organismos eucarióticos), estos protozoos comen bacterias y ejercen control sobre la densidad de las mismas, los hongos anaeróbicos presentes alternan una forma flagelada y otra inmóvil (Trillos, 2006); en el contenido ruminal derivado de ganado bovino sano, se han hallado variedades raras de *Salmonella* como agentes productoras de zoonosis, capaces de sobrevivir en el agua y en el suelo por largos periodos de tiempo (IPCC, 2003), a continuación se presentan algunos patógenos presentes en este residuo:

Tabla 5. Patógenos presentes en el contenido ruminal.

Patógenos	Supervivencia en el suelo	Supervivencia en pastos
<i>Salmonella sp.</i>	2 semanas – 1 mes	63 días
<i>Escherichia coli</i>	1mes –1 año	99 días
<i>Listeria sp.</i>	2 semanas- 4 años	128 días
<i>Cryptosporidium parvum</i>	1mes –1 año	30 días
<i>Campylobacter sp.</i>	1 mes	-

Fuente: Bonilla y Mosquera, 2007

La *Salmonella* es el agente causal de diferentes infecciones intestinales, conocidas como salmonelosis, que pueden dividirse en: “fiebre entérica”, “fiebre paratifoidea” y gastroenteritis o envenenamiento por alimentos, la *Salmonella* junto con *E. coli* son los patógenos más encontrados como causantes de toxiinfecciones alimentarias en países en desarrollo; su puerta de entrada es la vía digestiva razón por la cual se asocia su presencia a origen hídrico y/o edáfico (Aguilar y Escolástica, 2008). La listeriosis es una enfermedad causada por *Listeria*, esta infección de origen alimentario tiene una tasa de mortalidad de 30%, describe un cuadro gastroentérico el cual incluye fiebre, calambres abdominales, diarrea, fatiga, dolor de cabeza y dolor muscular (Alcayaga y Hott, 2008).

Por otra parte, el contenido ruminal es considerado uno de los grandes contaminantes generados en los centros de beneficio, debido a la alta carga orgánica que posee, representada en una DQO= 44.000 mg/L y DBO₅= 28.500 mg/L (Guerrero y Monsalve, 2006), por lo que provoca un alto impacto ambiental en cuerpos receptores de agua y en suelo; así, la elevada concentración de materia orgánica vertida, reduce considerablemente la concentración de O₂ disuelto en el agua y aumenta los sólidos suspendidos provocando la subsecuente muerte de especies acuáticas (López *et al.*, 2008).

4.2.2. Descripción de la sangre.

La sangre bovina está formada por el plasma, que es un componente rico en proteínas, en el que están suspendidos los elementos celulares como eritrocitos, leucocitos y trombocitos; los eritrocitos o glóbulos rojos tienen forma de discos, no poseen núcleos y son elásticos, estos glóbulos contienen el pigmento sanguíneo llamado hemoglobina; los glóbulos blancos o leucocitos son células que poseen núcleo pero no tienen membrana ni color y son mucho menos abundantes que los eritrocitos (Beltrán y Perdomo, 2007). Los compuestos nitrogenados de bajo peso

molecular de la sangre son principalmente urea y en menor concentración aminoácidos, ácido úrico y creatinina.

En el plasma se encuentran además de las sales sanguíneas (fosfato potásico, cloruro sódico y pocas sales de Ca, Mg y Fe), una gran cantidad de proteínas, entre las que se destaca la albúmina, diversas globulinas y el fibrinógeno. Por la acción del fibrinógeno la sangre se coagula en los 3 a 10 minutos siguientes de desangrado de la res (dependiendo de la temperatura ambiente), debido a la enzima trombina que convierte el fibrinógeno soluble de la sangre en fibrina insoluble (Beltrán y Perdomo, 2007). La coagulación no se produce en la sangre circulante del animal vivo porque existen anticoagulantes naturales.

Del peso corporal de un bovino el 7,7% es sangre (Silva y Chocontá, 2007); pero toda la sangre no se puede obtener en el beneficio del animal ya que cierta cantidad queda retenida en las vísceras y en el canal, durante el proceso de sangrado solo puede separarse el 40% y con el proceso de eviscerado hasta un 60% de la sangre que contienen el animal en vida (Guerrero, 2010).

La sangre de bovino tiene un pH neutro (7,2), rica en proteínas y representa una fuente excelente de Fe y K (Bautista, 2007), la fácil digestibilidad de la proteína aunada con el alto porcentaje de humedad, le confiere un alto valor biológico que favorece su utilización en la industria de alimentos para consumo humano y animal (Márquez *et al.*, 2006).

4.2.2.1. Caracterización de la sangre.

En términos generales, la sangre bovina está compuesta principalmente por agua, por esta razón posee una densidad (1,052 g/L) muy parecida a la de este líquido

(Silva y Chocontá, 2007); el porcentaje de éste y los demás constituyentes se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Composición porcentual de la sangre

Componente	%	Componente	%
Glóbulos sanguíneos	12	Fibrina	0,5
Albumina	6,1	Grasa	0,2
Ceniza	0,9	otras	0,003
Humedad	80		

Fuente: Bautista, 2007

La alta carga orgánica y la gran cantidad que se genera, hacen que universalmente se considere a la sangre como el principal contaminante generado en las plantas de sacrificio animal; la sangre de degüello tiene una concentración aproximada en DBO₅ determinada por dilución de 170.000 mg/L, por esto es importante evitar que esta descarga se una con el desagüe, ya que su posterior separación genera complicaciones y elevados costos de tratamiento (Shimamoto,1998); a continuación se presentan valores típicos de esta carga expresada en términos de DBO y DQO reportados por varios autores:

Tabla 7. Aportes típicos de DBO y DQO de la sangre bovina.

Parámetro	Moncaleano Candelaria, Valle 2008	Signorini México 2007	Guerrero y Monsalve Risaralda 2006	Centro de Producción Más Limpia Nicaragua 2004	Seoanez España 2003	Caruso y Maero 2002 Argentina
DQO (mg/L)	280.000		245.000	200.000		375.000
DBO ₅ (mg/L)		150.000 a 200.000	151.900	100.000	140.000	

Fuente: Propia

La sangre además, aporta una elevada cantidad de nitrógeno; según Guerrero y Monsalve (2006) este componente alcanza un 7%, con una relación C/N del orden de 3:4; al tener tanto nitrógeno, este residuo se descompone con facilidad

generando olores ofensivos y la proliferación de vectores (Benavides, 2006); por otra parte, la gran cantidad de agua, pH alrededor de 7,24 y su valor nutritivo elevado, constituye un caldo de cultivo excelente para los microorganismos (Márquez et al., 2006), a continuación se presentan algunos de ellos:

Tabla 8. Análisis microbiológico de la sangre.

Bacterias patógenas
Shigella spp
Salmonella typhi
Escherichia coli enteropatógena
Salmonella spp

Fuente: Parra Zeballos, 2004

Shigella y *E. Coli* son reconocidos agentes microbianos de toxiinfecciones alimentarias, la disentería y la gastroenteritis son afecciones del sistema digestivo caracterizadas por deposiciones diarreicas acompañadas de sangre o moco, el principal riesgo de estas infecciones es la deshidratación que puede causar la muerte sobre todo en la primera infancia y en los ancianos (Lavigne, 2008).

Salmonella thipy, es el agente causal de las llamadas fiebres entéricas o tifoideas que afectan específicamente al hombre, las bacterias se incuban en el intestino y pasan al torrente sanguíneo lo que ocasiona diarrea, tos, vomito, escalofríos, fiebre alta y postración; en el 20% de los casos se complica con septicemia, neumonías o perforaciones de la mucosa digestiva con la subsiguiente hemorragia, estas complicaciones pueden producir la muerte (Uribe y Suarez, 2006). Las otras seurovariedades de *Salmonella* se pueden considerar como zoonosis, son las más difundidas en el mundo y causan un amplio número de manifestaciones clínicas en los seres humanos, como gastroenteritis, bacteriemia y estado de portador crónico.

4.2.2.2. Normatividad sangre y contenido ruminal.

En relación con la disposición de contenido ruminal y sangre, los decretos o leyes nacionales que actualmente la rigen son:

- Decreto 1500 de 2007, por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne, en su artículo 26º define que, para el manejo de los residuos líquidos y sólidos generados en los procesos internos, todos los establecimientos relacionados con la producción de la carne deberán contar con instalaciones, elementos, áreas y procedimientos tanto escritos como implementados que garanticen una eficiente labor de de separación, recolección, conducción, transporte interno, almacenamiento, evacuación, transporte externo y disposición final de los mismos y deberán contar con registros para su verificación (Ministerio de la Protección Social, 2007).
- Decreto 838 de 2005 sobre disposición final de residuos sólidos, en su artículo 10º sobre criterios operacionales, estipula la prohibición del ingreso de residuos peligrosos a rellenos sanitarios, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente (Ministerio de ambiente, 2005).
- Decreto 4126 de 2005, por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000, sobre la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares; en el artículo 2º sobre el alcance, incluye las plantas de beneficio de animales bovinos, caprinos, porcinos, equinos y de aves (Ministerio de ambiente, 2005).

- Decreto 2676 de 2000, sobre la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares; en el artículo 13º sobre la desactivación, tratamiento y disposición final, define que se deben usar métodos de desactivación que garanticen la desinfección de los residuos para su posterior disposición en rellenos sanitarios, siempre y cuando se cumpla con los estándares máximos de microorganismos establecidos por los ministerios del Medio ambiente y de Salud (Ministerio de ambiente, 2000).
- Decreto 1594 de 1984, en su artículo 84º establece que los residuos líquidos provenientes de usuarios como mataderos, deberán ser sometidos a tratamiento especial, de acuerdo con las disposiciones del Ministerio de Salud y la EMAR (entidad encargada del manejo y uso del recurso) (Ministerio de Salud, 1984).

4.2.3. Descripción de lodos de alcantarillado.

Los lodos son los sólidos sedimentados en los sistemas de alcantarillado que captan aguas residuales provenientes de casas e industrias, poseen características diferenciadas dependiendo del tipo de alcantarillado del cual provienen (sanitario, pluvial, combinado), se presentan en forma líquida o líquida semi-sólida ya que la mayor parte de ellos es materia orgánica y solo un pequeño porcentaje es materia sólida.

Los sistemas de alcantarillado sanitario evacúan las aguas servidas de las casas, locales y empresas teniendo como función principal el transporte de las materias fecales humanas; por su parte, los sistemas de alcantarillado pluvial tienen como función el control de inundaciones asociadas a las aguas de escorrentía que fluyen rápida y abundantemente en las ciudades (Giraldo,2000).

La concentración del alcantarillado sanitario de Popayán, en términos de DBO es de 146,79 mg/L⁴, mientras que un alcantarillado pluvial tendría un pico máximo de 90 mg/L durante una precipitación importante (Giraldo, 2000); además de la materia orgánica, las aguas de alcantarillados se caracterizan por la presencia de nutrientes, metales pesados, amoníaco y agentes patógenos.

En lo que respecta a sólidos sedimentados, se deben diferenciar dos términos: el lodo producido en los sistemas de tratamiento de aguas residuales es considerado “biosólido” cuando ha sido estabilizado, en caso contrario, es decir cuando el residuo aún no ha recibido ningún tratamiento, se emplea el término lodo, sólido, ó lodo crudo (Lozada *et al.*, 2005). Los lodos y biosólidos contienen el mismo tipo de microorganismos patógenos que el agua residual, pero en una mayor concentración debido a la reducción del contenido de agua por espesamiento o deshidratación; su aplicación directa a cualquier cuerpo receptor sin tratamiento previo representa un riesgo para la salud humana y biótica (Lozada *et al.*, 2005)

4.2.3.1. Caracterización de lodos de alcantarillado.

La existencia de organismos patógenos en lodos supone un problema importante, ya que tienen una gran capacidad de transmisión y pueden producir enfermedades en el hombre o en animales como consecuencia de la aplicación en el suelo (Gómez-Rico, 2008). En la Tabla 9 se presentan los organismos patógenos más comunes en este residuo y enfermedades asociadas a ellos:

⁴ Informe de caracterización de fuentes naturales y vertimientos líquidos en diciembre de 2010. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán. 2011.

Tabla 9. Organismos patógenos en lodos y posibles enfermedades.

Grupo	Género	Enfermedad
Bacterias	Escherichia	Enteritis (origen patógeno)
	<i>Shigella</i>	Disenteria-paradisenteria
	Salmonella	Tifus- Paratifus-Enteritis
	Vibro	Colera-Paracolera-Enteritis
	Clostridium	Grangena-Tetanos-Botulismo
	Leptospira	Leptospirosis
	Mycobacterium	Tuberculosis- Tuberculosis atípica
Virus	Poliovirus	Poliomielitis – Enteritis
	Coxsackievirus A	Dolores de cabeza y musculares
	Coxsackievirus B	Nauseas – Meningitis
	Echovirus	Diarreas – Hepatitis
	Adenovirus	Fiebre-Enteritis - Conjuntivitis
	Rotavirus	Gastroenteritis infantil
	Reovirus	Gripe- Diarreas- Virus
Protozoos	Entamoeba	Disentería amebiana
	Girada	Amebiasis
Trematodos	Schistosoma	Equistosomiasis
Cestodes	Taenia	Tenia- isticercosis

Fuente: Gómez- Rico, 2008

Teniendo en cuenta que el carácter contaminante de los lodos depende directamente de las aguas residuales de las que provienen, se deben considerar las características de está, a continuación se presentan las concentraciones típicas del ARD (agua residual doméstica):

Tabla 10. Concentración típica del ARD.

Contaminantes	Unidad	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
DBO ₅	(mg/L)	110	220	400
DQO	(mg/L)	250	500	1000
N	(mg/L)	20	40	85
P	(mg/L)	4	8	15
Grasa	(mg/L)	50	100	150
ST	(mg/L)	350	720	1200

Fuente: Metcal y Eddy, 2002

Según Romero (2000), los coliformes fecales son bacterias que producen gas a 44,5°C en 24 horas e incluyen el género *Escherichia*, en Colombia estos organismos son los principales indicadores de contaminación debido a que constituyen un grupo numeroso en los excrementos humanos ($2 \cdot 10^{11}$ organismos por persona/día). En la Tabla 11 se presentan los criterios para determinar la calidad del agua dependiendo de la presencia de coliformes fecales.

Tabla 11. Calidad del agua según NMP de coliformes fecales.

NMP/ 100mL	Clase
< 50	Agua apta para purificación con solo desinfección.
50-5.000	Agua apta para purificación con tratamiento convencional.
5.000-50.000	Agua contaminada que requiere tratamiento especial.
>50.000	Agua contaminada que requiere tratamiento muy especial.

Fuente: Romero, 2000

Otra de las características de peligrosidad de los lodos es la presencia de metales pesados, su procedencia esta asociada a los vertidos ilegales a la red de alcantarillado de aceites lubricantes usados, pinturas y colorantes con altos contenidos en Pb, pilas con elevados niveles de Ni, Cd o Hg procedentes del ámbito doméstico, residuos originados por la industria del decapado que pueden contener Cr, Zn, también debe considerarse la corrosión de tuberías y depósitos metálicos (Gómez-Rico, 2008). El Zn es el metal tóxico que comúnmente presenta mayor concentración en los lodos; Pb, Cu, Cr y Ni pueden encontrarse también en concentraciones significativas, mientras que el Hg y el Cd típicamente están contenidos en bajas concentraciones (Gómez-Rico, 2008).

4.2.3.2. Normatividad de lodos de alcantarillado.

En relación con la disposición de lodos de alcantarillado, los decretos o leyes nacionales que actualmente la rigen son:

Decreto 838 de 2005 sobre disposición final de residuos sólidos, en su artículo 10º sobre criterios operacionales, estipula la prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados a los rellenos sanitarios (Ministerio de ambiente, 2005).

Resolución 1096 de 2000 por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS, en su artículo 176º, sobre manejo de lodos en los sistemas de tratamiento de agua residuales, establece que éstos no deben descargarse a cuerpos de agua, primero deben estabilizarse antes de disposición.

Decreto 1594 de 1984, en su artículo 70º establece que los sedimentos y lodos, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y que para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos (Ministerio de Salud, 1984).

4.3. ALTERNATIVAS DE MANEJO

En la tabla 12 se presentan algunas alternativas para el manejo de la sangre, contenido ruminal y lodos de alcantarillado, además las ventajas y desventajas de su implementación.

4.4. PLAN DE MANEJO

Un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos es un documento de carácter técnico-operativo, constituido por programas que señalan las diferentes responsabilidades y describe los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr que la gestión interna y la eliminación de residuos en las instalaciones o

establecimientos autorizados, se haga con el menor riesgo posible para la salud y ambiente, cumpliendo la normativa vigente (Garrido, 2006).

Las políticas nacionales sobre gestión de residuos⁵, están encaminadas a implementar programas de minimización en el origen, articulados con los programas de PML, aumentar el aprovechamiento de residuos generados hasta donde sea ambientalmente conveniente técnica y económicamente viable, mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos y conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos en el país y establecer los sistemas de gestión de los mismos (Castro, 2005).

⁵ Leyes 99 de 1993, 142 de 1994, 632 de 2000, 689 de 2001

Tabla 12. Análisis de posibles alternativas de tratamiento.

Alternativa	Aspectos				
	Descripción	Producto obtenido	Requisitos	Ventajas	Desventajas
Compostaje	Consiste en la descomposición natural de la materia orgánica, buscando obtener un abono mediante el control de varios parámetros físico-químicos.	Compost	Mano de obra. Infraestructura (invernadero). Control de variables físico-químicas	Se obtiene un producto que de acuerdo con sus características puede ser comercializado como abono o enmienda. Permite el tratamiento conjunto de todos los subproductos. Infraestructura económica y fácil de construir.	Generación de olores. Generación de lixiviados. Requerimiento de espacio para la compostera. Requerimiento de mano de obra.
Deshidratación de sangre	Consiste en el empleo de un digestor que trabaja con vapor, el cual somete la sangre a temperaturas superiores a los 650°C y a un mezclado constante a razón de 33 revoluciones por minuto.	Harina de sangre	Digestor(cooker). Combustible. Mano de obra. Equipo para el manejo de las emanaciones generadas	Permite obtener un producto que puede ser comercializado para alimentación animal.	Sólo ofrece manejo a la sangre, lo que constituye a esta alternativa en una solución parcial. Generación de olores ofensivos, por lo que se requiere la adquisición de equipo costoso para su mitigación. Altos costos asociados a la maquinaria y al combustible empleado.
Biodigestión	Digestión anaerobia, que utiliza microorganismos, en ausencia de oxígeno, para estabilizar la materia orgánica por conversión a CH ₄ y CO ₂ .	Biogás Efluente estabilizado.	Biodigestor. Unidad de tratamiento de lodos.	Se obtiene gas que puede ser utilizado para la generación de energía. Permite el tratamiento conjunto de todos los subproductos. Infraestructura económica y fácil de construir. Efluente estabilizado.	Generación de lodos. Generación de efluente.

Continuación Tabla 12.					
Ensilaje	Proceso de condiciones anaeróbicas que logra la degradación de la materia orgánica, tiene una duración aproximada de tres meses hasta lograr la estabilización del residuo.	Ensilado	Silos	Infraestructura sencilla y económica. Costos de operación bajos. Se pueden utilizar todos los residuos que tengan un contenido de humedad > 70%. No generan olores No se produce lixiviado.	El tiempo de retención de los residuos en el proceso debe ser mayor a 60 días, para obtener resultados favorables. Requerimiento de espacio para almacenar los silos.
Lechos de secado	Método para reducir el contenido de humedad de los residuos en forma natural, para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.	Sólidos	Infraestructura (Lechos) Mano de obra.	Costo de implementación y operación bajo. Consumo de energía y químicos bajo. Contenido alto de sólidos en la pasta.	Requiere grandes áreas para la implementación de los lechos. Sensible a cambios de clima.
Incineración	Consiste en el empleo de un horno o cámara que procesa térmicamente los residuos mediante la oxidación química en exceso de oxígeno. Los gases de la combustión se queman en una segunda etapa.	Cenizas	Cámara de combustión especializada. Combustible. Mano de obra.	Se logra reducir el volumen de los residuos >50%. La disposición de las cenizas puede hacerse en el relleno sanitario.	Liberación a la atmósfera de gases producto de la combustión. Solo ofrece manejo eficiente para residuos sólidos. Altos costos asociados a la maquinaria y al combustible empleados

Elaboración: Propia, adaptado de Guerrero y Monsalve, 2006

5. METODOLOGÍA

El relleno sanitario “El Ojito” se encuentra ubicado al lado de la carretera que de Popayán conduce al municipio del Tambo, adyacente al corregimiento de Cajete, a una distancia de 7 km del parque Caldas y a 3 km del barrio Lomas de Granada, al occidente de la ciudad (Collazos, 2000). Tiene un área disponible de 11,18 ha, una altura mínima de 1.770 m.s.n.m y una temperatura media de 19°C (Cerón, 2008). El manejo del relleno es responsabilidad del grupo de aseo, adscrito a la secretaria de infraestructura municipal y la operación esta a cargo de la asociación Asocajete compuesta por 19 trabajadores de la región.

En el relleno sanitario “El Ojito” se disponen los residuos domiciliarios de Popayán, municipios y veredas cercanas, estos diariamente son mezclados con residuos como: contenido ruminal, sangre y lodos de alcantarillado; dicha disposición final conjunta e incontrolada ha generado inconvenientes operacionales y ambientales que han sido recalcados por las autoridades ambientales (CRC y Secretaría de Salud municipal), quienes solicitan un manejo adecuado de los residuos no ordinarios dentro del relleno. Para plantear las posibles alternativas de manejo que minimicen los efectos adversos de la disposición de estos residuos no ordinarios, se realizaron las siguientes actividades:

5.1. Visitas

Inicialmente se visitó el relleno para observar el proceso de disposición de los residuos, debido a que el arribo de los lodos era fortuito se tuvieron que realizar

varias visitas, en ellas se revisaron los registros de ingreso de los residuos para identificar las cantidades y frecuencia de llegada.

5.2. Caracterización de residuos.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos de cada residuo, fueron revisados en los registros de caracterización de las empresas generadoras. La exploración bibliográfica, consulta de experiencias similares, asesoría con expertos y con entidades del área ambiental encargadas de regular la adecuada gestión de los residuos, estructuró esta fase.

5.3. Materiales.

En las pruebas se utilizaron principalmente los siguientes materiales:

Contenido ruminal bovino: corresponde al material que se encuentra en el rumen o primer pre-compartimiento gástrico del bovino que se recoge en la etapa de evisceración del animal. Las muestras se obtuvieron en el relleno exactamente del contenedor que transporta este residuo desde el matadero municipal.

Sangre bovina: residuo recogido en la etapa de sangría del proceso de sacrificio de la res. Debido a su irregular llegada al relleno, las muestras se obtuvieron directamente en el matadero municipal, siendo refrigeradas hasta el momento del ensayo para evitar la coagulación.

Lodos de alcantarillado: corresponde al residuo recolectado en el proceso de limpieza de las redes de alcantarillado de la ciudad, las muestras se obtuvieron desde el vehículo de succión- presión.

5.4. Identificación de alternativas.

Con la información obtenida se identificaron posibles alternativas de manejo; considerando el alto contenido de materia orgánica aprovechable en los residuos, se planearon ensayos a escala de procedimientos que pudieran incorporar los tres residuos, tales como compostaje, ensilaje y lechos de secado.

5.4.1. Compostaje.

En esta prueba fueron utilizados los residuos generados en el matadero municipal por animal sacrificado; para ello, se determinaron:

- Cantidad de residuo producido: se obtuvo de los informes de caracterización de residuos de la Central de Sacrificio.
- Contenido de humedad (H), nitrógeno (N) y la relación carbono-nitrógeno (C/N): se obtuvieron de los datos reportados en la literatura para cada uno de los residuos.

La cantidad a compostar se determinó mediante la fórmula siguiente:

Cantidad a compostar = residuo por animal (Kg) x número de animales sacrificados.

Posteriormente, se calculó el contenido de agua, de materia seca, de N y de C de cada uno de los residuos que van a ser mezclados, para finalmente, determinar la relación C/N y humedad resultantes, mediante el empleo de las siguientes fórmulas (Guerrero y Monsalve, 2006):

Contenido de agua = cantidad a compostar x H
Contenido de materia seca = cantidad a compostar x (1-H)
Contenido de Nitrógeno = contenido de materia seca x N
Contenido de Carbono = contenido de nitrógeno x relación C/N
Nitrógeno en mezcla = Σ contenido de nitrógeno de cada residuo
Carbono en mezcla = Σ contenido de carbono de cada residuo
Relación C/N resultante = carbono en mezcla / nitrógeno en mezcla
Agua en mezcla = Σ contenido de agua de cada residuo
Cantidad total a compostar = Σ cantidad a compostar de cada residuo
Humedad resultante (%) = (agua en mezcla x 100) / cantidad total a compostar.

Con estos resultados, se procedió a implementar el ensayo a escala del proceso de compostaje. La dificultad para encontrar un lugar de prueba se evidenció desde el momento en que la administración del matadero municipal y la UMATA rechazaron las solicitudes para realizar las pruebas en sus predios por los olores y la proliferación de vectores que se podrían generar al incluir sangre en el ensayo, por esta razón, este se efectuó en la parte trasera de una casa ubicada en zona residencial de la ciudad.

5.4.2. Ensilaje.

En la prueba a escala de los silos, se utilizaron 2 recipientes plásticos (higienizados) cada uno con capacidad de 12 L, en el primer recipiente se agregaron cantidades iguales (4 L) de contenido ruminal, lodos de alcantarillado y sangre; en el segundo recipiente se utilizaron cantidades iguales (6 L) de contenido ruminal y sangre; esta separación se hizo tratando de identificar la eficiencia del proceso en residuos con alta carga orgánica (recipiente 2); de ser eficiente el ensilado en el recipiente 2 la Central de Sacrificio podría implementarlo dentro de su empresa.

Se agregó 1 kg de cascarilla de arroz por silo, con el propósito de incorporar carbohidratos que favorezcan el proceso fermentativo. Cada recipiente se llenó completamente y se homogeneizó, luego se selló tratando de impedir la presencia de oxígeno que entorpeciera la fermentación anaeróbica.

Los silos fueron ubicados dentro del área administrativa del relleno sanitario “El Ojito” por tres meses a temperatura ambiente (9 de septiembre – 9 de diciembre 2008), el control de temperatura, olores y pH se hizo desde el primer día, cada siete días, abriendo mínimamente el silo y tomando una pequeña muestra, evitando la intrusión de oxígeno. La temperatura y pH fueron determinados semanalmente durante todo el período de almacenamiento, empleando en ocasiones un pH metro digital, en otras, papel tornasol; los olores se precisaron por percepción personal.

5.4.3. Lechos de secado:

En la prueba a escala de este tratamiento se utilizó el lecho de secado ubicado en el relleno sanitario “El Ojito”, y los residuos ensilados y estabilizados previamente; antes de ser descargados al lecho, se les midió el pH y la temperatura, los olores se precisaron por apreciación personal; pasado el tiempo de deshidratación se midieron nuevamente estos parámetros.

De acuerdo con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico del sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS- 2000, Título E, “Tratamiento de aguas residuales en lo concerniente al diseño de lechos de secado” se diseñaron los lechos de secado para tratar la totalidad de los residuos que llegan al relleno.

5.5. Revisión inicial en las empresas generadoras.

Para establecer la situación de las empresas generadoras en relación a la producción y manejo de los residuos (sangre, contenido ruminal y lodos de alcantarillado) se hizo una revisión ambiental inicial según la Guía Técnica Colombiana (GTC 93), utilizando listas de verificación basadas en los decretos que relacionan estos residuos o a las entidades generadoras (Ley 09 de 1979, Decreto 3075 de 1998, Decreto 1290 de 1994, Decreto 2278 de 1982, Decreto 1500 de 2007) (Ver anexo 1).

Estas listas de verificación incluyen sólo aspectos relacionados con la generación y manejo de los residuos antes de ser dispuestos en el relleno sanitario; cada ítem de la lista recibió la calificación del grado de cumplimiento, de la siguiente manera:

2: Cumple completamente con el requerimiento estipulado.

1: Cumple parcialmente el requerimiento, se presentan falencias o errores en el proceso de producción o en su posterior manejo.

0: No cumple, dependiendo del requerimiento esta calificación puede reflejar que el procedimiento no existe, es inadecuado o insuficiente.

NA: No aplica, el requerimiento no es aplicable para este tipo de empresa, porque pertenece a otra categoría, división o no es de su responsabilidad.

NO: No Observado, hace referencia a las observaciones realizadas en el instante mismo de llenar la lista, algunas cualidades, cantidades, o acciones, se evidencian o no se evidencian, pero estas observaciones momentáneas no se pueden generalizar a todo el tiempo de operación o de manejo.

Para obtener el porcentaje de cumplimiento respecto a cada residuo, se sumaron las calificaciones en términos de porcentaje de los ítems correspondientes; el

porcentaje de cumplimiento total de la empresa se obtuvo al promediar los porcentajes de cada residuo.

Siendo la Central de sacrificio un organismo que ofrece alimentos para consumo humano, se aplicó además, el acta de inspección sanitaria a mataderos del Instituto de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA), los parámetros para calificar los ítems de esta acta fueron los mismos que los de la lista de verificación, expuestos anteriormente. (Ver Anexo 2).

5.6. Formulación del plan.

Mediante el análisis de la información de las listas de verificación, se logró identificar los procesos de producción de los residuos, cantidades producidas, caracterización, forma de presentación, frecuencia de entrega y los impactos ambientales percibidos desde el sitio de generación hasta el sitio de disposición final.

Con la información primaria y secundaria obtenida hasta el momento, se hizo (con participación de los Jefes del relleno y la Central de Sacrificio) una apreciación de los aspectos económicos, técnicos y ambientales particulares que limitarían la selección de alternativas de manejo de estos residuos. En esta etapa se consideraron de vital importancia los procesos de aprovechamiento y minimización tratando de dejar como última opción la disposición final; articulando esta información con la obtenida en las listas de verificación se planificó la implementación de estrategias de PML mediante programas ambientales que tienden a prevenir, mitigar, controlar o eliminar los impactos ambientales negativos ocasionados por el inadecuado manejo dado a estos residuos.

6. REVISIÓN AMBIENTAL INICIAL

La revisión inicial permite identificar los aspectos ambientales relacionados con el manejo de los residuos de interés; en ella se busca incluir factores como ubicación y producción de las empresas generadoras, y la distribución de estos residuos desde la fuente hasta el sitio de disposición final; esta información será la base en la estructuración del plan de manejo.

6.1. Generalidades

6.1.1. Relleno Sanitario “El Ojito”

Más de 22 años lleva en funcionamiento el sitio de disposición final de residuos para Popayán ubicado a 3 km del hoy llamado barrio Lomas de Granada al occidente de la ciudad, está adyacente al corregimiento de Cajete en la vía que conduce al municipio del Tambo; a pesar de contar con un diseño inicial como relleno sanitario, el inadecuado manejo lo llevó a operar como botadero a cielo abierto por mas de 10 años.

En el año 2000 el Ingeniero Sanitario Héctor Collazos diseñó el proyecto de saneamiento del “Ojito”; desde el momento en que se aceptó este proyecto el Grupo de Aseo como responsable del relleno (adscrito a la Secretaría de Infraestructura del Municipio) ha desarrollado importantes actividades tendientes a lograr el funcionamiento adecuado del sitio de disposición final de residuos con el propósito de un futuro convertirlo en Eco-parque.

La operación y mantenimiento del relleno está a cargo de la asociación de trabajadores Asocajete conformada por 19 operarios bajo la dirección del profesional de apoyo Ingeniero Ronald Cerón, los operarios se rotan entre la jornada laboral diurna (8 am a 4 pm) y nocturna (8 pm a 3 am); las labores diurnas están relacionadas con la poda del sendero ecológico, limpieza de canales internos de drenaje, cubrimiento de celdas etc., las labores nocturnas incluyen el registro de los vehículos recolectores de residuos domiciliarios y la operación del buldócer.

Los residuos catalogados como ordinarios, que diariamente se reciben en el relleno, son los residuos domiciliarios de: aproximadamente el 95% de la población de Popayán, veredas y poblaciones cercanas como Piendamó, Coconuco, Totoró; también residuos de galerías y barrido de calles, residuos de podas en parques y escombros (Cerón, 2008).

En el año 2001 los residuos con características de peligrosidad estaban referidos sólo a los hospitalarios para los cuales fueron diseñados una celda, una ruta de recolección y un Plan de Manejo; según los informes mensuales del año 2005 los residuos peligrosos también comprendían contenido ruminal y en ocasiones sangre, los lodos de colectores y sumideros también empezaron a ser descargados en el relleno junto con los residuos domiciliarios, sin tratamiento ó disposición final diferente.

Para el manejo de lixiviados provenientes de las terrazas, “El Ojito” cuenta con un sistema básico de recolección por gravedad, que los capta y transporta por filtros hasta una laguna de oxidación; los gases propios de la descomposición de la materia biodegradable, son evacuados mediante chimeneas separadas 40 m entre si (Collazos, 2000).

6.1.2. Acueducto y Alcantarillado de Popayán

El primer acueducto de Popayán se inauguró en 1928. Esta ciudad fue uno de los primeros centros urbanos del país que construyó planta de tratamiento para sus aguas. Después de varios cambios y ajustes en su naturaleza jurídica, hoy se encuentra una Sociedad Anónima por Acciones, Entidad descentralizada de Orden Municipal.

Las actividades claves que realiza la empresa están definidas como: construcción, ampliación, explotación y conservación del acueducto y alcantarillado en el municipio de Popayán. Para su cumplimiento, la empresa se encuentra estructurada como una organización donde se distinguen tres grandes funciones: Gerencia-Apoyo, Administrativa-Financiera y Técnica-operativa; para desarrollar estas funciones se han definido cuatro grupos:

Gerencia: Gerente, Secretaria General.

Apoyo: Control Interno, Planeación y Estudios, Sistemas, Jurídica.

Administrativo: Atención Integral al Usuario, Financiera, Comercial, Relaciones Industriales.

Técnico-Operativo: Acueducto, Alcantarillado, Producción, Ambiental, Medición y Control Pérdidas (Aragón, 2008).

La división de Alcantarillado se encuentra a cargo del Ingeniero Pedro Antonio Paredes, una de las funciones principales de esta división está relacionada con el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes de alcantarillado de la ciudad; con el fin de evitar y atender el colapsamiento de las redes se hace una programación mensual donde se categorizan las zonas de la ciudad.

Considerando que la mayor parte de las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan desde hace más de 50 años, la cercanía a cuerpos de agua, y la incidencia de las temporadas de lluvia, Popayán ha sido categorizada de la siguiente manera:

Sur y Oriente (Zona crítica)	Sector Histórico (Zona media)
Occidente (Zona estable)	Sector Norte (Zona media)

Las labores de mantenimiento preventivo se hacen de acuerdo con la programación mensual y el mantenimiento correctivo responde a los requerimientos de la comunidad; sin embargo, el número de operarios (mínimo 2) y los vehículos de succión – presión destinados para estas funciones dependen de la disponibilidad que haya en el momento.

Cabe resaltar que en la División de Alcantarillado no hay un registro de las jornadas de mantenimiento, por lo tanto tampoco existe un registro de la cantidad de lodo residual recogido; el transporte de los lodos hasta el relleno sanitario se hace sin estar amparado en un acuerdo que fije las condiciones de su disposición.

6.1.3. Central de Sacrificio y Faenado Municipal

La “Central de Sacrificio y Faenado de Ganado mayor y menor para consumo humano de la ciudad de Popayán” fue construida en el año de 1978, la operación estuvo a cargo de la empresa Cofrial hasta el año 1994 cuando su administración fue asumida por el municipio de Popayán a través de la Secretaria de Servicios Públicos; en el año 2003 la administración fue entregada por licitación a la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca (SAG) pero las adecuaciones locativas y de infraestructura siguieron siendo responsabilidad del municipio (Secretaria de salud municipal de Popayán, 2007).

La Central de Sacrificio esta ubicada al sur- oriente de la ciudad, en zona urbana correspondiente al barrio Las Ferias (Carrera 3E N° 14 A 98), posee una capacidad instalada para bovinos de 200 cabezas/día y porcinos 80 cabezas/día con 2 salones de sacrificio diferenciados; cuenta con 43 empleados de los cuales 4 son administrativos, 28 operarios directos y 11 indirectos, la jornada laboral es de lunes a sábado de 2 a 7 pm; tiene a disposición dos predios: el de corralaje y el de sacrificio donde se realiza el beneficio de los animales con una producción diaria aproximada de 75 reses y 15 porcinos (SAG,2008). Según el Decreto 1036 de 1991, este matadero es de Clase III ya que tiene una capacidad instalada para sacrificar 160 o más reses y 20 o más cerdos en turno de 8 horas, la comercialización y consumo de la carne procedente de este lugar solo pueden darse dentro del municipio.

El sistema de manejo de los residuos producidos por la Central de Sacrificio consta de una separación en el sitio de generación de los dos importantes contaminantes: sangre y contenido ruminal, los cuales son enviados al relleno sanitario diariamente basados en un convenio entre la Central de Sacrificio y la Alcaldía Municipal como responsable del relleno.

En el Edicto 0751, Resolución del 29 de agosto de 2002 por la cual se establece una medida ambiental adicional para la operación de la Central de Sacrificio y Faenado de ganado mayor y menor “se acuerda que el contenido ruminal y el estiércol en seco producidos se recolectarán al relleno para fomentar el compostaje”.

Los desechos líquidos provenientes de la ducha del ganado y el lavado de cabezas, vísceras, canales e instalaciones son conducidos a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) la cual está en funcionamiento dentro de la empresa desde el año 2005.

6.2. Generación de residuos por actividad

6.2.1. Acueducto y Alcantarillado de Popayán

El mantenimiento preventivo se hace a los colectores y sumideros de los sistemas de alcantarillados sanitarios, pluviales o combinados que están enterrados la mayoría de veces bajo las vías públicas utilizando para ello un vehículo de succión-presión como el mostrado en la Figura 1; este limpia los colectores, sumideros y tuberías recogiendo los lodos con una manguera de succión de 8" de diámetro y una bomba de vacío, almacena los lodos residuales en un tanque con capacidad de 1 m³ y se traslada hasta el relleno sanitario para descargarlos .

El mantenimiento correctivo se hace atendiendo el colapsamiento de las redes suscitado generalmente en temporadas donde se intensifican las lluvias, para ello se utilizan dos vehículos de succión-presión (cada uno con capacidad de 1 m³) que limpian las tuberías de la zona afectada por inundación o colapsamiento; de la misma manera que en el mantenimiento correctivo los lodos se recogen, se almacenan y se trasladan hasta el relleno sanitario para descargarlo.



Figura 1. Vehículo de succión- presión del Acueducto y Alcantarillado de Popayán ingresando al relleno sanitario.

La Figura 2, representa el flujo de los lodos de alcantarillado desde su generación hasta su disposición final.

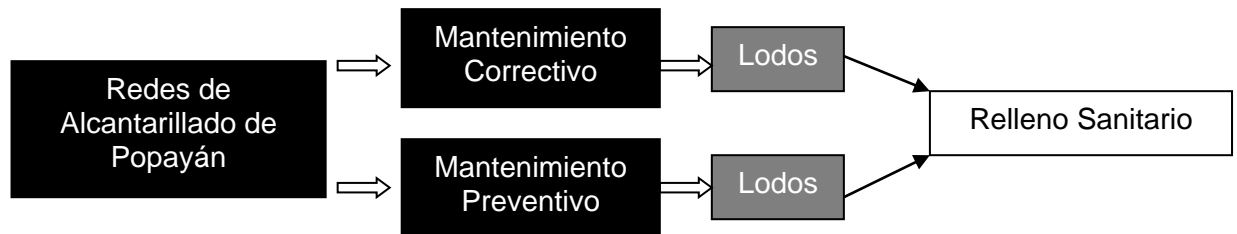


Figura 2. Diagrama de flujo de los lodos de alcantarillado.

La cantidad de lodo recogido depende de las temporadas de lluvia que se presenten en la ciudad, del cumplimiento de la programación mensual y del requerimiento de la comunidad.

El Ingeniero Pedro Paredes (actual Jefe de la División de Alcantarillado, 2008) señala que en las jornadas de mantenimiento de las redes de alcantarillado los operarios no hacen manipulación directa de los lodos, ya que el sistema integrado de succión –presión es accionado desde el tablero de instrumentos del vehículo

6.2.2. Central de Sacrificio y Faenado Municipal

6.2.2.1. Sacrificio de bovinos:

Las razas bovinas más utilizadas en la Central de Sacrificio de Popayán son Normando y Cebú provenientes de la región; el peso de estos animales es en promedio 400 kg; las etapas del proceso de sacrificio bovino se presentan de manera esquemática en la Figura 3 y se detallan a continuación:

- Recepción, pesaje y estabilización: Los animales llegan a la Central de Sacrificio en camiones acondicionados para su transporte, se pesan y son llevados a los corrales en cuarentena hasta la hora de sacrificio.
- Inspección ante-mortem: En los corrales, los animales que van a ser sacrificados son sometidos a una inspección sanitaria para determinar su estado; esta inspección es realizada por el veterinario y Jefe de operaciones de la Central, Leandro Cañola.
- Ducha: Trasladados desde los corrales hasta el área de sacrificio a través de la manga de conducción, los animales reciben una ducha de agua fría con la finalidad de minimizar el riesgo de contaminación en el salón de sacrificio vacuno y obtener una mejor sangría.
- Insensibilización: La res es llevada hacia la trampa de aturdimiento en donde se inicia el sacrificio mediante la insensibilización por el método de lanza.
- Sangría: Insensibilizada la res es izada por una de las patas traseras y conducida por medio de rieles aéreos hasta la canaleta de desangre en donde se le da muerte por la introducción de un cuchillo en la vena superior. El tiempo de desangre es de 3 a 7 minutos, un deficiente sangrado acelera la descomposición de la carne y un excesivo desangre causará la pérdida de su color saludable. La cantidad de sangre generada depende de la raza bovina, del peso de la res (la sangre representa de 2,4 a 8% del peso vivo (Moncaleano, 2008)) y del tiempo de desangre, en esta Central de sacrificio se ha establecido un promedio de 15 litros⁶ de sangre por res sacrificada.

⁶ Informe de caracterización de vertimientos líquidos en matadero municipal de Popayán 2008; debido a que no se realizaron los análisis para la sangre generada, en dicho informe asumen los datos de caracterización de vertimientos de 2006 donde se recolectaron 1.412 litros de sangre correspondientes al sacrificio de 94 vacunos.

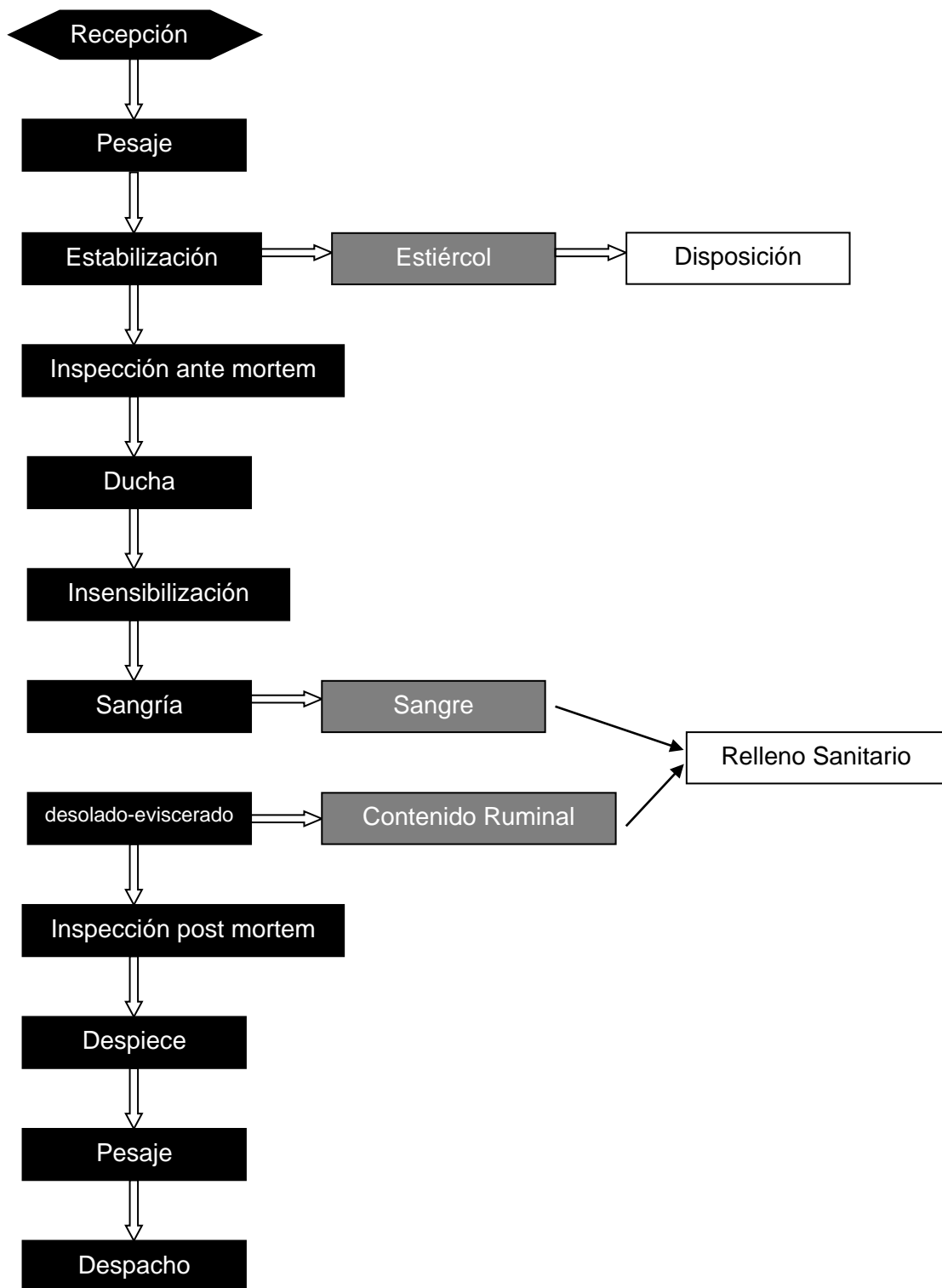


Figura 3. Diagrama de flujo del sacrificio de bovinos

- Desollado: Una vez el animal ha desangrado, se procede a retirar la cabeza, manos y patas que son llevadas hasta la zona de lavado, luego hasta la zona de inspección y despacho; el desollado continúa retirando toda la piel del animal, para dejar al descubierto la carne, a lo que se llama canal.
- Evisceración: se hace un corte longitudinal a la canal desde el pecho hasta la cavidad abdominal para facilitar la extracción de las vísceras; las vísceras rojas (ganglios, hígado, pulmones, bazo, corazón y riñones) y blancas (rumen, intestino delgado e intestino grueso) se trasladan por separado hasta sus respectivos salones, donde son lavadas, inspeccionadas y enviadas al área de despacho. En el salón de vísceras blancas se limpia el rumen extrayendo todo su contenido con la ayuda de un sistema hidroneumático. En la Central se ha establecido un promedio de 22,5 kg⁷ de contenido ruminal por res sacrificada.
- División: la canal es dividida a lo largo de su línea media dorsal en dos, cuatro o seis partes según los requerimientos del usuario, luego son lavadas con abundante agua.
- Inspección post-mortem: Es la inspección sanitaria que hace el veterinario de la Central y el Representante del INVIMA, a las vísceras rojas y blancas, la canal y los cueros. Esta inspección ocurre simultáneamente a las labores de desollado, evisceración y división.

⁷ Informe de caracterización de vertimientos líquidos en matadero municipal de Popayán 2008, debido a que no se realizaron los análisis para el contenido ruminal generado, en dicho informe asumen los datos del Informe de caracterización de vertimientos de 2006 donde se recolectaron 2119 Kg de contenido ruminal correspondiente al sacrificio de 94 vacunos.

6.2.2.2. Sacrificio de porcinos:

La Central cuenta con corrales y salón de sacrificio exclusivo para porcinos, la carne y los subproductos de cerdo se comercializan casi en su totalidad lo que favorece la baja generación de desechos. Las etapas del proceso de sacrificio porcino se presentan de manera esquemática en la Figura 4 y se detallan a continuación:

- **Recepción, pesaje y estabilización:** Los porcinos llegan a la Central, se pesan y son llevados a los corrales hasta la hora de sacrificio.
- **Inspección ante-mortem:** En los corrales, los porcinos son sometidos a una inspección sanitaria por parte del veterinario de la Central, Leandro Cañola.
- **Ducha:** Los animales reciben una ducha de agua fría para minimizar el riesgo de contaminación en el salón de sacrificio y obtener una mejor sangría.
- **Insensibilización:** En el salón de sacrificio el animal es insensibilizado mediante pinza eléctrica, descargando sobre él una corriente eléctrica de 80 V.
- **Sangría:** Insensibilizado e izado en rieles aéreos por una de las patas traseras, al cerdo se le da muerte por la introducción de un cuchillo en la vena superior. El salón de sacrificio porcino carece de canaleta por lo que la sangre es recogida en recipientes plásticos. La cantidad de sangre generada por porcino sacrificado es de 4 a 6 litros en un tiempo promedio de 3 minutos.
- **Depilado:** Una vez ha desangrado el cerdo, es escaldado a una temperatura promedio de 65°C, depilado manualmente y lavado.

- Evisceración: al cerdo se le hace un corte desde el pecho hasta la cavidad abdominal para facilitar la extracción de las vísceras rojas y blancas las cuales son trasladadas a los salones respectivos para el lavado, inspección y despacho.
- División: el cerdo es dividido en 2, 4, o 6 partes según los requerimientos del usuario.
- Inspección post-mortem: La inspección ocurre simultáneamente a las labores de depilado, evisceración y división.

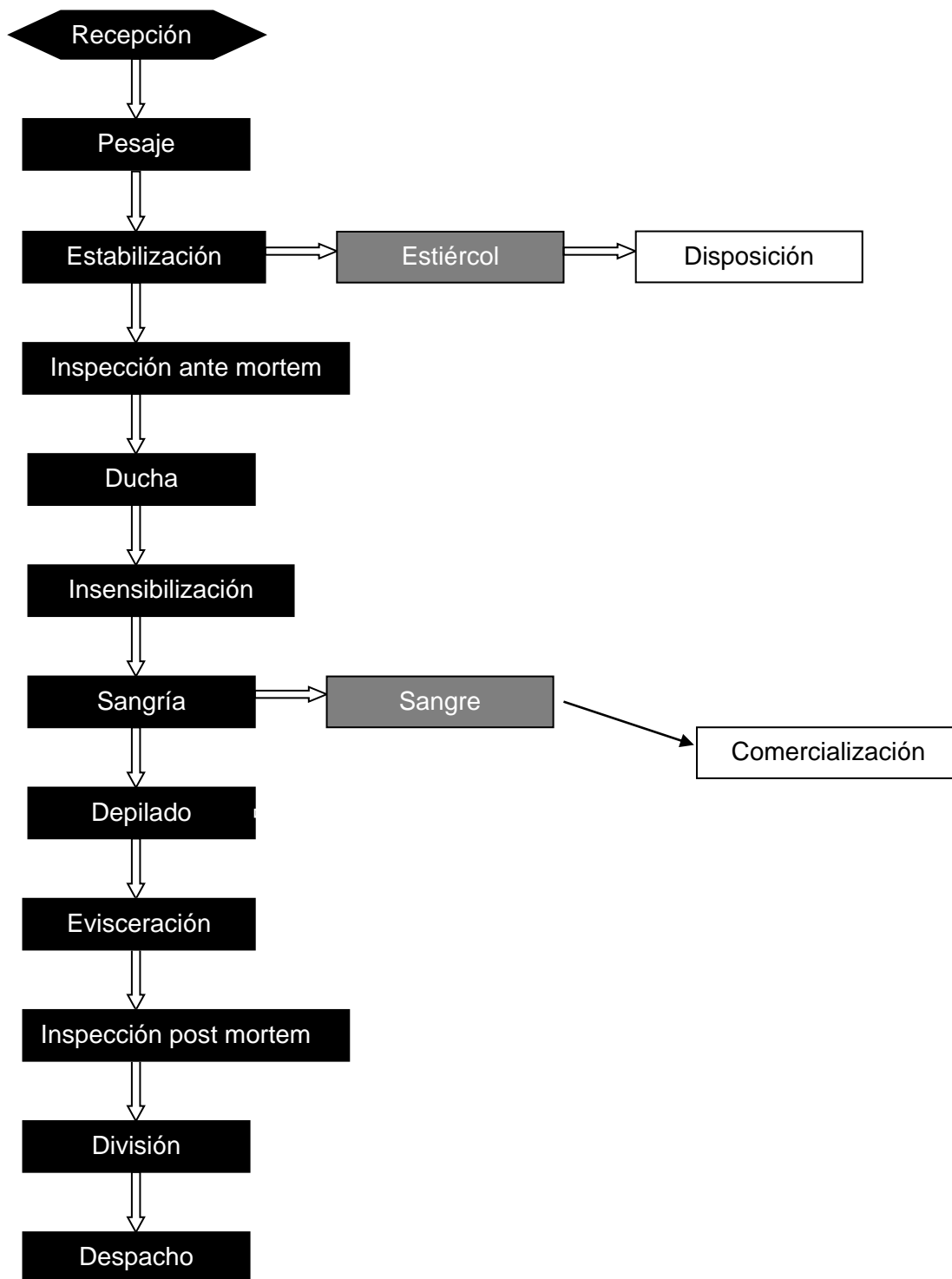


Figura 4. Diagrama de flujo del sacrificio porcino

6.3. Cuantificación de residuos por actividad

La cantidad de contenido ruminal y sangre generados en una jornada de sacrificio se muestran en la Tabla 13, los cálculos se hicieron con base en la producción diaria aproximada de la Central de Sacrificio: 75 reses y 15 porcinos (SAG, 2008), las cantidades mensuales consideran la jornada laboral de la empresa (6 días por semana).

Tabla 13. Contenido ruminal y sangre generados en la Central de Sacrificio de Popayán.

Tipo de residuo	por animal	diaria	Mensual
Sangre bovina	15 L 15,45 kg*	1.125 L 1.158,75 kg	27.000 L 27.810 kg
Contenido ruminal bovino	22,5 kg	1.687,5 kg	40.500 kg
Sangre Porcina	4 L	60 L	1.440 L

* Peso específico sangre de 1L/ 1,03 kg (Guerrero y Monsalve, 2006).

Fuente: Propia

En la información presentada se excluyen los residuos que no son trasladados al relleno sanitario para su disposición final, tales como estiércol, cuernos, pezuñas, piel; aunque se estimó la cantidad de sangre porcina esta no se dispone en el relleno sanitario pues su mínima cantidad hace que se comercialice fácilmente con la comunidad quien la utiliza en la fabricación de alimentos.

Según la Tabla 13, la cantidad de contenido ruminal generado, 40,5 t/mes, es mucho mayor que el promedio mensual recibido en el relleno 27,02 t/ mes (ver Tabla 2), las posibles causas de este hecho estarían relacionadas con:

- Disminución de sacrificio diario.
- Pérdida de contenido ruminal en el transporte desde el sitio de generación hasta el sitio de disposición final.

- Disminución de contenido ruminal obtenido por bovino, la cantidad de contenido ruminal depende del tamaño del rumen que a su vez depende de la edad, tamaño y peso del animal.
- Tiempo de cuarentena: es el tiempo que la res pasa en los corrales sin suministro de alimento hasta la hora del sacrificio, a mayor tiempo de cuarentena menor contenido ruminal.
- Utilización del contenido ruminal en pruebas o ensayos de investigación.
- Error en los valores asumidos para los cálculos (tomados de los informes de caracterización de vertimientos 2008 y 2006) de 22,5 kg de rumen y 15 L de sangre generados por bovino.
- Error de calibración en la báscula del relleno, ya que a la fecha no se contaba con un sistema de mantenimiento periódico.

La sangre generada mensualmente en la Central es de 27.000 L, la cantidad de sangre recibida se desconoce debido a la falta de registro de su entrada al relleno sanitario. La falta de registro de la entrada de sangre es justificada por la irregularidad de su presencia, cuando llegaba lo hacía en el mismo vehículo transportador del contenido ruminal, que era pesado y registrado sin discriminar el tipo de residuo (Cerón, 2008); la sangre no era transportada al relleno porque estaba siendo enviada a la PTAR de la Central de sacrificio para evaluar la eficiencia del procedimiento.

Por otra parte, la cantidad de lodo dispuesto en el relleno es de 66,50 t/mes en promedio (ver Tabla 2), la cantidad de lodo recogido en el sitio de generación se desconoce debido a la falta de registros en la división de alcantarillado, la comparación de estos valores sería de utilidad para identificar pérdidas en el transporte o irregularidades en los registros.

En el año 2008 se recibieron en el relleno en promedio 66,50 toneladas al mes de lodos; considerando jornadas de mantenimiento del alcantarillado de 6 días a la semana se obtienen las toneladas generadas en un día, igual a 2,77; debido al alto grado de humedad de este residuo, se utilizó la densidad del agua para obtener el volumen de lodos generados al día igual a 2.770 L, este valor será utilizado más adelante para el cálculo de la carga orgánica.

En la Figura 5, se muestra la cantidad en porcentaje de contenido ruminal y lodos dispuestos mensualmente en el relleno donde se incluye la sangre; debido a la falta de registros de ingreso, la cantidad de sangre dispuesta se asumió igual a la generada.

Pese a su recolección diaria, la sangre y el contenido ruminal provenientes de la Central de sacrificio representan solo la mitad de los residuos peligrosos dispuestos en el relleno, contrario a los lodos de alcantarillado que son recibidos eventualmente; los grandes volúmenes de lodo responden a su alto contenido de humedad.

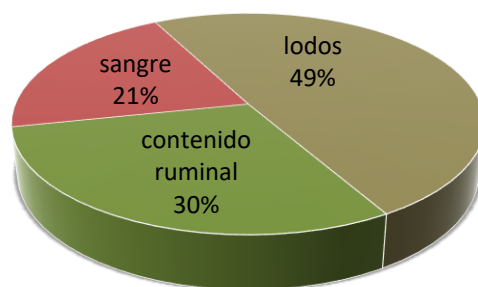


Figura 5. Porcentaje en peso de contenido ruminal, sangre y lodos dispuestos mensualmente en el relleno sanitario. Elaboración propia.

6.4. Manejo de residuos en las empresas generadoras.

Para identificar los aspectos ambientales respecto al manejo de los residuos dentro de las empresas se utilizaron técnicas de investigación como la entrevista, observación directa y listas de verificación (Martínez, 2002); estas arrojaron resultados relevantes para la elaboración del plan.

6.4.1. Central de sacrificio y faenado Municipal.

Con la aplicación de las listas de verificación en la Central de Sacrificio se pudieron evidenciar las falencias en cuanto a la recolección y disposición de los residuos ya que el porcentaje de cumplimiento en promedio fue de 56 %.(Ver anexo 1).

- **Sangre**

Este residuo es obtenido en los procesos de sacrificio bovino y porcino, principalmente en la etapa de sangría. En el sacrificio bovino la mayor cantidad de sangre se recoge en la canaleta de concreto mostrada en la Figura 6, esta la conduce a un tanque exterior a la planta de sacrificio; la sangre remanente cae sobre el piso hacia la red de drenaje que la conduce hasta la planta de tratamiento; en el sacrificio porcino la sangre es recogida directamente en recipientes plásticos, debido a la carencia de canaleta.



Figura 6. Canaleta para la recolección de la sangre bovina.
Central de Sacrificio de Popayán.

La Figura 7, muestra como la sangre porcina es despachada del mismo modo que los subproductos bovinos y porcinos.



Figura 7. Sangre porcina y subproductos.
Central de Sacrificio de Popayán

Desde el tanque que se presenta en la Figura 8, la sangre bovina es almacenada en recipientes plásticos cada uno con capacidad de 100 L.

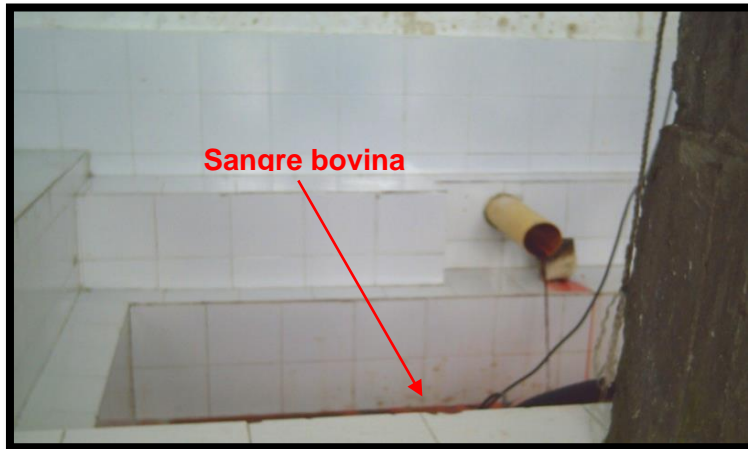


Figura 8. Tanque exterior para el almacenamiento de la sangre.
Central de sacrificio de Popayán

En la Figura 9, se muestran los recipientes que almacenan temporalmente la sangre, los recipientes debidamente cerrados son transportados hasta el relleno sanitario en el mismo vehículo que traslada el contenido ruminal.



Figura 9. Recipientes para el almacenamiento de sangre bovina.
Central de sacrificio de Popayán

- **Contenido ruminal**

Este residuo es obtenido en el proceso de sacrificio bovino, exactamente en la etapa de evisceración; una vez es extraído el rumen o “panza” es trasladado al salón de vísceras blancas junto a la sala de sacrificio de porcinos donde está ubicado el sistema hidroneumático.

Un operario descarga manualmente sobre la plataforma del sistema hidroneumático todo el contenido del rumen con la ayuda de un flujo de agua continuo. Cada 5 panzas, se cierra la boca de ingreso y se le aplica aire hasta que el manómetro marque 100 libras de presión, se abre la válvula de descarga y el contenido ruminal se desplaza por red hasta la tolva de la Figura 10.



Figura 10. Tolva para la recolección de contenido ruminal.
Central de Sacrificio de Popayán

En la tolva el contenido ruminal mezclado con agua pasa a través de un tornillo sin fin que lo oprime tratando de retirar la mayor cantidad de humedad posible y luego lo descarga a un contenedor para su transporte hasta el relleno sanitario.

En la Figura 11 se aprecia que el contenedor transportador del contenido ruminal es abierto lo que ocasiona que los residuos acuosos se derramen a lo largo de todo el trayecto.



Figura 11. Contenedor para el transporte de residuos. Central de Sacrificio de Popayán.

6.4.2. Acueducto y alcantarillado de Popayán.

En la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán no se hace un registro de las labores de mantenimiento de las redes de alcantarillado, estas responden a requerimientos fortuitos de la comunidad y a las precipitaciones que podrían colapsar el sistema de drenaje; los lodos son recogidos y transportados por los vehículos de succión- presión sin ningún tipo de tratamiento previo a la disposición en el relleno sanitario; estas razones hacen que las listas de verificación aplicadas a esta empresa no arrojen información significativa respecto al manejo del residuo.

7. RESULTADOS

Con el análisis de la información obtenida en la revisión inicial se identificaron los aspectos ambientales más relevantes en cuanto al área de influencia y el proceso productivo de cada empresa, tal como lo establece la norma ISO 14001; la peligrosidad de cada residuo dependerá de las características que determinarán entre otros su carga contaminante y su posible tratamiento.

7.1. Contenido Ruminal

La cantidad de contenido ruminal generado en la Central de sacrificio es 22,5 kg (ver Tabla 13) igual a 5,63 % del peso vivo de un bovino de 400 kg, estos valores son aproximados a los reportados en la literatura: 22 kg (Moncaleano, 2008) o 5,81% del peso vivo (Falla, 1995); sin embargo los datos respecto a la cantidad de contenido ruminal generado por animal sacrificado son heterogéneos; Coll asume que un bovino (peso mínimo 400 kg) sometido a cuarentena produce 45 kg de contenido ruminal mientras en los Centros de beneficio animal de Risaralda se generan 15 kg del residuo por animal sacrificado (Guerrero y Monsalve, 2006).

La recolección del residuo, se logra gracias a la implementación de un sistema hidroneumático; de acuerdo con las observaciones hechas, el alto grado de humedad (95%) del contenido ruminal (López y Ramírez, 2008), no es removido eficazmente en el prensado antes de la descarga al contenedor; lo anterior se debe, según el Jefe de la planta, a fallas mecánicas del tornillo sin fin encargado

de la compresión, este hecho influye directamente en el volumen de residuo recolectado.

En la Tabla 14, se presentan los resultados de la caracterización de vertimientos contratada por la Central de Sacrificio para identificar el aporte del contenido ruminal a la carga contaminante total generada en una jornada de sacrificio de 89 vacunos.

Tabla 14. Caracterización del contenido ruminal.

Medición		Carga contaminante generada	
Parámetro	Valor(mg/L)*	por animal (kg/día)	Total (kg/día)
DBO ₅	17.850	1,90	169,1
DQO	41.867	1,91	169,99
ST	56.440	1,89	168,21

* datos reportados en Informe de cargas contaminantes de matadero de Popayán, CRC, 2008

Fuente: Matadero Municipal de Popayán,
Caracterización de vertimientos líquidos 2008

La carga contaminante del contenido ruminal es demasiado alta para el sacrificio de solo 89 vacunos. De acuerdo con los datos reportados por la CRC, la DBO₅ y DQO correspondientes al contenido ruminal de 89 reses sería de 47,45 kg/día y 111,31 kg/día⁸ respectivamente; según Guerrero y Monsalve la DBO₅ generada por igual número de vacunos sería aproximadamente 37,38 kg⁹; la gran diferencia entre estos datos refleja inconsistencias en la medición de parámetros; de cualquier manera la carga contaminante es muy alta; lo que resalta la importancia del tratamiento de este residuo, evitando su llegada a cuerpos receptores.

Cuando se vierte contenido ruminal en un cuerpo de agua, este recibe la materia orgánica y los nutrientes del residuo en exceso (principalmente N y P), propiciando

⁸Adaptado de Informe de cargas contaminantes de matadero de Popayán.CRC.2008 donde se reporta la carga por contenido ruminal de 77 vacunos: DBO₅= 41,1 kg/día, DQO=96,3 kg/día.

⁹Contenido ruminal: peso específico = 1 m³/1500kg, DBO₅=28.500 mg/L (Guerrero y Monsalve, 2006) considerando la cantidad de contenido ruminal por animal generado en el matadero de Popayán = 22,5 kg.

el crecimiento desmedido del fitoplancton que consume el oxígeno disuelto, hecho que limita la vida de los otros organismos acuáticos y favorece la proliferación de los protozoos y hongos anaerobios del rumen; suscitando de esta manera la perturbación indeseable del balance de los organismos presentes en el agua y, por ende, de la calidad del agua misma (Fernández, 2008).

La presencia en el suelo y en el agua de organismos patógenos provenientes del rumen como *Salmonella*, *E. coli*, y *Listeria* (Bonilla y Mosquera, 2007), genera un impacto sanitario significativo, ya que estos organismos son agentes causales de enfermedades generalmente del sistema digestivo de humanos y animales; considerando la ocurrencia de casos relacionados al consumo de agua o alimentos contaminados, estos patógenos constituyen la segunda causa de morbilidad en países en vías de desarrollo, después de los procesos respiratorios (Aguilar y Escolástica, 2008).

Además de las amenazas ambientales y sanitarias, los materiales de las panzas crean deficiencias operativas, ya que la concentración total de materia orgánica y sólidos se hace tan grande que llega a interferir con los métodos de funcionamiento de los sistemas tradicionales de tratamiento de los vertidos (Caruso y Maero, 2002).

Estas razones muestran la necesidad de adecuar el sistema de recolección del residuo en seco, para disminuir el volumen a manejar y el consumo de agua (Rojas y Bolaños, 2009). El contenido ruminal en lugar de tratarse como un contaminante debe ser visto como un valiosa fuente de nutrientes (Sandoval, 2003) aprovechable en procesos como compostaje, ensilaje o biodigestión, que generen beneficios para el ambiente y que no atenten contra la salud pública.

7.2. Sangre:

La cantidad de sangre generada por animal sacrificado en la Central de sacrificio Municipal es de 15 L o 15,45 kg, valor inferior a los datos literarios revisados; según Silva y Chocontá (2007) un bovino de 400 kg genera 18,48 kg de sangre, Rojas y Bolaños (2009) reportaron 28,13 L por animal sacrificado, Beltrán y Perdomo (2007) indican que se debe recoger 19,31 kg, sin embargo los resultados muestran que se recolectaron solo 9,36 kg, lo que se debe según los autores, al escaso tiempo de sangrado; también se debe reconocer que la cantidad de sangre generada depende del peso y raza de la res.

El tiempo de sangrado en el matadero de Popayán oscila entre 3 y 7 minutos dependiendo del tamaño del animal; sin embargo, en las visitas realizadas se comprobó que el tiempo dado a esta etapa del proceso disminuye cuando hay más animales por sacrificar, lo que incide directamente en el volumen de residuo recuperado.

En la Tabla 15, se muestra la caracterización de la sangre, en una jornada de sacrificio de 89 vacunos.

Tabla 15. Carga contaminante generada por la sangre.

Parámetro	por animal (kg/día)	Total (kg/día)
DBO ₅	0,43	38,27
DQO	1,15	102,35
ST	0,73	64,97
SST	0,45	40,05
Grasas	0,01	0,89

Fuente: Matadero Municipal de Popayán,
Caracterización de vertimientos líquidos, Febrero 2008

La carga contaminante reportada por la sangre es muy baja; considerando el volumen de sangre generado por 89 vacunos (1.335 L/día), las concentraciones

orgánicas correspondientes a esta carga serían: DBO₅= 28.667 mg/L y DQO= 76.667 mg/L, cifras significativamente inferiores a las indicadas en la literatura (ver Tabla 7) donde la DBO₅ y la DQO alcanzan valores mínimos de 100.000 mg/L y 200.000 mg/L respectivamente. Según Guerrero y Monsalve, la carga contaminante de 1.335 L de sangre sería DBO₅= 202,79 kg/día y DQO= 327 kg/día¹⁰, muy superiores a las presentadas en el Informe de caracterización de vertimientos del matadero en 2008.

El vertimiento de este residuo a un cuerpo de agua genera un proceso de eutrofización, donde el alto contenido de N y materia orgánica de la sangre, al descomponerse sirve de alimento a las algas produciendo un crecimiento explosivo en las mismas. Las algas absorben el oxígeno disuelto del agua y dejan a los demás seres vivos sin oxígeno (Silva y Chocontà, 2007), provocando efectos perjudiciales sobre la diversidad de especies que regulan las condiciones del agua.

Por otra parte, la problemática sanitaria desencadenada por la presencia de este residuo en el agua o en el suelo, está asociada a la proliferación de agentes patógenos encontrados en la sangre bovina como: *Shigella*, *Salmonella thipy*, *Salmonella spp*, y *E. Coli* (Parra Zeballos, 2004), capaces de causar toxiinfecciones, disentería, gastroenteritis o tifoidea, enfermedades del sistema digestivo caracterizadas por deposiciones diarreicas y vomito que pueden llevar a la deshidratación de las personas afectadas.

En Colombia, el Ministerio de Salud, calculó una tasa mayor a 1500 casos de enfermedad diarreica aguda por cada 100.000 habitantes, afortunadamente las defunciones asociadas a infecciones por *Salmonella* y *E. Coli* son pocas, sin

¹⁰Sangre: DBO₅=151.900 mg/L , DQO=245.000 mg/L (Guerrero y Monsalve, 2006)

embargo, la morbilidad y los costos concomitantes suelen ser altos (Uribe y Suarez, 2006).

De acuerdo con los datos reportados en el informe de caracterización de vertimientos líquidos del matadero, el contenido ruminal genera una carga contaminante mayor que la de la sangre, sin embargo teniendo en cuenta las inconsistencias halladas y los cálculos hechos, se puede afirmar que la sangre es el mayor contaminante del matadero municipal, ya que su carga es superior a la del contenido ruminal.

La densidad y capacidad de dilución de la sangre dificulta su posterior separación; lo que le confiere un alto poder contaminante de llegar al sistema de drenaje, por esta razón, se recalca la importancia de manejar separadamente este residuo, ya que el tratamiento de aguas residuales que contienen altos volúmenes de sangre resulta más costoso que el implementar medidas para evitar que ésta vaya al desagüe y emplearla como materia prima en algún proceso (Bonilla, 2007), además se debe considerar que la recuperación de la sangre supone una disminución en la contaminación de los vertidos entre un 34 y 45 % (Centro de Producción Más Limpia, 2004).

Debido a su valor nutricional la sangre es un valioso subproducto, ya que contiene aproximadamente un 10 % de la proteína animal, que puede ser utilizado en actividades como la elaboración de harinas y alimentos, compostaje o, incluso, generación de energía (Rojas y Bolaños, 2009), independiente del proceso se deben respetar las reglamentaciones legales vigentes, como las Resoluciones del ICA, 991 de 2001 y 2341 de 2007 sobre harinas de sangre y Norma Técnica Colombiana 5167 y la Resolución 150 de 2003 del ICA sobre abonos orgánicos.

7.3. Lodos de alcantarillado:

Los resultados del análisis químico hecho a los lodos de alcantarillado de alguna zona de Popayán se muestran en la Tabla 16, para determinar la carga contaminante se utilizó el valor del volumen de lodos generado en un día (2.770 L), calculado anteriormente en la sección de cuantificación de residuos.

Se evidencia la presencia de coliformes fecales, según Romero (2000), representados principalmente por el género *Escherichia*, bacteria que causa la enteritis enfermedad del intestino manifestada por diarrea y náuseas; esta patología tiene efectos sobre la salud pública graves, ya que el consumo de agua contaminada con esta bacteria puede desencadenar intoxicaciones masivas (Lavigne, 2008) características que catalogan a este residuo como peligroso infeccioso (Ministerio de Ambiente, 2005).

Tabla 16. Análisis químico de los lodos de alcantarillado de Popayán

Parámetro	Unidad	kg / día
DBO ₅	140 mg/L	0,39
DQO	210 mg/L	0,58
ST	220 mg/L	0,61
Coliformes fecales	>2419 UFC/100 mL	–
T	20°C	–

Fuente: Acueducto y alcantarillado de Popayán, 2008

Según ésta caracterización las ARD de Popayán tienen una concentración débil de contaminantes, ya que los parámetros de DBO₅ y DQO no superan los 250 mg/L, tal como lo estipula Metcalf y Eddy en la Tabla 10.

Debido a que análisis de lodos no incluyó los metales, esta característica no pudo ser evaluada.

Comparado con la sangre y el contenido ruminal; el lodo tiene una carga contaminante mínima, lo que limitaría su aprovechamiento en procesos aerobios, este aspecto puede solucionarse combinándolo con residuos de concentraciones orgánicas muy altas, la presencia de coliformes fecales sugiere la necesidad de aplicar primero un proceso estabilizador como el ensilaje, que al desarrollarse en condiciones anaerobias evita el contacto con personas o animales que podrían ser infectados.

8. ALTERNATIVAS DE MANEJO

Las opciones que ofrecen solución al manejo de residuos son numerosas y variadas, teniendo en cuenta las características de los desechos a tratar tal como carga orgánica y volumen generado. Se buscaron alternativas de manejo que pudieran ser aplicadas a todos los residuos y que a vez fueran viables para las empresas, de esta manera se evaluaron las alternativas descritas a continuación.

8.1. Compostaje

El compostaje es un proceso biooxidativo controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requieren una humedad adecuada y substratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, que produce al final de los procesos de degradación CO₂, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo sin que provoque fenómenos adversos (Guerrero y Monsalve, 2006).

Las múltiples ventajas del compostaje lo han señalado como el mejor proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos, ya que es sencillo, económico y práctico porque permite la utilización de gran cantidad de residuos (Guerrero y Monsalve, 2006). En este proceso las bacterias son protagonistas porque constituyen el inoculo acelerador de la fermentación (Parra Zeballos, 2004).

Muchas Centrales de sacrificio han aprovechado el estiércol, el rumen, los sólidos removidos de la planta de tratamiento de aguas residuales y el tendido de los vehículos transportadores de ganado en procesos de compostaje. La sangre y los

decomisos aprovechables también pueden ser incluidos en el proceso, siempre que el producto final no sea aplicado sobre pasto destinado para la alimentación de ganado vacuno (Moncaleano, 2007), porque existe la hipótesis que la transmisión de la enfermedad Encefalopatía Espongiforme Bovina tiene su origen en la alimentación de vacunos con despojos de su misma especie (Resolución ICA 991 de 2001).

El sacrificio diario de 75 reses genera una cantidad de residuos aprovechables; en la Tabla 17, se muestra la cantidad de residuos de la Central que puede compostarse, también los valores típicos de Nitrógeno (N), humedad y relación carbono nitrógeno(C/N) para cada uno de ellos.

Tabla 17. Residuos generados en un día, Central de Sacrificio de Popayán.

Tipo	por animal (kg)	total día (kg)	N	C/N	Humedad
Sangre	15,45**	1.158,75	7,0%	9	97%
Contenido ruminal	22,5	1.687,5	5,0%	4	65%
Estiércol	3*	225	1,5%	25	15%
Tendido (aserrín)	45*	3.375	0,1%	300	8%
Total	85,95	6.446,25			

*Valores establecidos con anterioridad en la Central de Sacrificio de Popayán.
 ** peso específico sangre de 1L/ 1,03 kg(Guerrero y Monsalve, 2006)

Fuente: Propia

Las características iniciales de los residuos a compostar se muestran en la Tabla 18, estos valores son útiles para determinar la relación C/N y la humedad de la mezcla.

Tabla 18. Características de la mezcla compostar.

Residuo	Contenido de agua (kg)	Contenido de materia seca (kg)	Contenido N (kg)	Contenido C (kg)
Sangre	1123,9875	34,76	2,43	21,90
Contenido ruminal	1096,875	590,63	29,53	118,13
Estiércol	33,75	191,25	2,87	71,72
Tendido (aserrín)	270	3105,00	3,11	931,50
Total	2524,61	3921,64	37,94	1143,24
C/N resultante			30	
Humedad (%)			40	

Fuente: Propia

Al obtener resultados de humedad (40 %) y C/N (30) dentro del rango aceptable (C/N entre 20/1 – 40/1; humedad 40– 65% (Grajales y Monsalve, 2005)) se propicia la determinación de los demás factores que condicionan el crecimiento de los organismos aerobios tales como: temperatura (50 °C a 70 °C), pH (6 a 8), volteo (1 vez a la semana), tiempo de maduración (2 a 3 meses).

El método que se consideró mas adecuado para hacer la prueba a escala del compostaje (por razones económicas) fue el de apilamiento con volteos, debido a que no requiere grandes inversiones en infraestructura ni operación. En esta prueba se utilizaron solo la mitad de los residuos generados por animal sacrificado (ver Tabla 17), se realizó en suelo de concreto sobre el que se colocó una capa de aserrín para mejorar la ventilación, las capas de contenido ruminal, sangre y estiércol se fueron alternando con el material de enmienda (cascarilla de arroz) hasta formar una pila de 0,5 m de altura; inicialmente no se adicionó agua porque el contenido ruminal de la Central era bastante húmedo, las mediciones de la temperatura se hicieron con termómetro digital y el pH se midió con papel tornasol, la temperatura inicial fue de 52 °C y pH= 6.

Con una cantidad tan pequeña de mezcla el primer volteo se hizo a los tres días, se pudo apreciar la formación de coágulos los cuales fueron divididos e integrados al centro de la pila donde había una mayor temperatura (56 °C); el segundo volteo se hizo tres días después, la temperatura era de 58 °C, la reducción de humedad no era apreciable, contrario a los olores ofensivos emanados y la proliferación de moscas, razones que impidieron continuar con el ensayo, por las quejas de la comunidad vecina.

A pesar de la premura para hacer una evaluación del proceso de compostaje, se puede inferir que la humedad de la pila no era la adecuada tal vez por la poca radiación solar que recibieron los residuos al encontrarse bajo techo, o por la alta humedad inicial aportada por el contenido ruminal y la sangre, la actividad microbiológica inicial se evidenció con el aumento de temperatura; en escala real los olores pueden ser controlados mediante la implementación de extractores que conduzcan los gases amoniacales hasta un biofiltro, los lixiviados generados deben considerarse en el diseño para que sean recirculados.

Pese a los resultados obtenidos, se debe reconocer que el compostaje es un proceso efectivo y que soluciona el problema de los residuos de matadero, tal como lo muestra la empresa Carnes y derivados de Occidente S.A de Candelaria (Valle), la cual utiliza en su planta de compostaje de pilas por volteo, lodos y natas de su PTAR, el contenido ruminal, tendidos y estiércol de los 430 bovinos y 480 porcinos que en promedio sacrifica diariamente; el resultado después de 10 semanas es un compost con una humedad de 15% - 20% , C/N de 10- 15, y con todos los demás parámetros requeridos por el ICA para el abono orgánico.

La UMATA Popayán, también ha tenido resultados satisfactorios con el compostaje de residuos de galerías y el contenido ruminal; sin embargo, la intermitencia en la operación y la gran cantidad de residuos generados hacen que

no se aprovechen los residuos en su totalidad; vale la pena aclarar que en ninguno de los dos casos mencionados anteriormente se incluye la sangre.

La Empresa Nacional de opciones biotecnológicas BIOTEC (2008) ha estimado que el costo directo de inversión para un sistema manual de compostaje referido únicamente a la adecuación de la infraestructura es de US \$1.500 y que los costos de operación pueden ser cubiertos por los ingresos de la venta del compost, debido a que éste es comercializado como abono de cultivos. Esta alternativa de manejo no fue considerada viable de implementar en las instalaciones del matadero por la generación de olores y vectores que pueden interferir en el proceso higiénico del sacrificio.

8.2. Ensilaje

Otra práctica que se puede implementar para el manejo de subproductos de mataderos, es el ensilaje, para el cual existen varias metodologías como: tanques de polipropileno (plástico) o de concreto, preferiblemente enterrados a ras de piso.

El proceso debe garantizar condiciones anaeróbicas para lograr la degradación de la materia orgánica, tiene una duración aproximada de tres meses hasta lograr la estabilización del residuo; generalmente utiliza el contenido ruminal bovino mezclado con contenido gastro-intestinal porcino y vísceras

En la prueba piloto se acondicionaron 2 silos, en el primer recipiente se agregaron cantidades iguales (4 L) de contenido ruminal, lodos de alcantarillado y sangre; en el segundo recipiente se utilizaron cantidades iguales (6 L) de contenido ruminal y sangre. En cada uno se agregaron carbohidratos (cascarilla de arroz) que favorecieran el proceso fermentativo.

El olor inicial en los silos, era el característico de estos residuos, predominando el hedor despedido por el contenido ruminal; la temperatura y pH de cada silo a lo largo del proceso se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. pH y temperaturas de los residuos ensilados durante 3 meses.

		Semanas											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Silo 1	T (°C)	17	18	17	18	17	21	19	17	21	19	20	19
	pH	7,61	7	6,50	6,50	6,36	6	6	5,43	5	5	5,33	5,21
Silo 2	T (°C)	17	18	18	19	17	18	18	20	21	17	20	18
	pH	7,64	7	6,42	6,53	6,49	6	6	5,44	5	5	5,20	5,16

Fuente: Propia

La variación de la temperatura entre silos fue despreciable, el valor promedio obtenido en los 3 meses fue de 18,5 °C, esto pudo generarse por la influencia de la temperatura ambiental sobre los silos; la mayoría de las veces coincidían la temperatura ambiente con la de los residuos ensilados, a pesar que gran parte de los procesos bioquímicos ocurridos en el ensilaje son termodinámicos.

La diferencia de pH entre el silo 1 y el silo 2 fue poca, generalmente las lecturas del pHmetro entre un silo y otro diferían en decimas; sin embargo, la variación del pH de cada silo a través del tiempo fue significativa.

Tal como se muestra en la Tabla 19, las lecturas de pH fueron disminuyendo inversamente proporcionales al tiempo de ensilaje, debido a la fermentación anaeróbica producida y al consumo de carbohidratos en el proceso; ésta disminución del pH es la secuencia lógica del aumento del ácido generado por bacterias lácticas (Morales *et al.*, 1996) poco abundantes al inicio pero que aumentan progresivamente en la medida que exista MO en abundancia (Fernández, 1999), cuando el pH desciende a 5 las bacterias coliformes o acéticas se inhiben favoreciendo la calidad del material ensilado (Villa *et al.*, 2010).

Según Fernández (1999) cuando el pH de un silaje es cercano a 5 (como en este caso) las bacterias que fermentan MO generan ácido butírico, CO₂ e H₂ emanando un fuerte olor a rancio. Incluso, otros microorganismos proteolíticos fermentan los aminoácidos (AA) y generan, especialmente, amonio (olor a amoníaco o a orina) y aminas (olor a pútrido).

Contario a ésta información, el resultado obtenido el día final, fue un olor casi imperceptible en el ensilado maduro; de acuerdo con los resultados de Morales *et al.* (1996), éste es el olor característico de un ensilado de más de 45 días cuando se llega a una etapa de estabilización donde el amonio es consumido y prevalece el ácido láctico y otros orgánicos con un olor más agradable (FAO, 1997)

La variación de pH también puede estar influenciada por errores en las lecturas o por las aproximaciones hechas. (No todas las veces se leyó con el pHmetro digital, en ocasiones se utilizó papel tornasol)

El cambio en el pH, la uniformidad de la temperatura y la disminución de olores hacen del ensilaje un buen método para estabilizar pero no para reducir residuos; en la Figura 12, el volumen de residuos estabilizados disminuyó muy poco, ya que al inicio del ensayo el recipiente estaba totalmente lleno, esto hace que sea necesario aplicar otro mecanismo de aprovechamiento (compostaje, lechos de secado) para lograr la minimización.



Figura 12. Residuos después de 3 meses de ensilaje.
Relleno Sanitario “El Ojito”

Este sistema tiene la ventaja de ser sencillo; no demanda inversión en infraestructura y los gastos operacionales son bajos; sin embargo, su limitante son los elevados tiempos de retención, cuando se tiene una gran cantidad de residuos por tratar se requiere el funcionamiento simultáneo de varias unidades; la empresa Rotoplast de Itagüí (Antioquia) fabrica silos en polietileno lineal de alta resistencia para volúmenes de 2.000 – 10.000 L, este método no requiere de mano de obra, no genera lixiviados, ni emisiones de olores y entrega un producto estabilizado. Pese a todas sus ventajas, esta alternativa no fue declarada viable para la cantidad de residuos que se requieren tratar por el número de silos y el espacio necesario para almacenarlos; sin embargo, se reconoció por parte de los Jefes del relleno y la Central de Sacrificio, su efectividad y conveniencia para cantidades de residuos menores.

8.3. Lechos de secado

Los lechos de secado se presentan como uno de los métodos de deshidratación más utilizados debido a su bajo costo, escaso mantenimiento y la alta

concentración de sólidos generada en el producto final, configurando un lodo seco sin olor apreciable (Grajales y Monsalve,2005).

Aunque los lechos de secado han sido utilizados históricamente para el tratamiento de lodos provenientes del sistema de alcantarillado; las características físicas y biológicas que manifiestan los desechos de la Central de Sacrificio (contenido ruminal y sangre) los convierten en candidatos para alcanzar la deshidratación en este tipo de lechos.

Antes de llevar a cabo la deshidratación, se hace necesaria la estabilización de los lodos, es decir mantener el pH alto durante un lapso de tiempo suficiente para asegurar la eliminación o reducción de organismos presentes, disminuyendo el potencial de putrefacción y la generación de olores desagradables. La estabilidad de los lodos se logra mediante adición de agentes físicos (calor) o químicos (cal); sin embargo, en este ensayo se plantea la estabilización por acción directa de los microorganismos presentes en los residuos. Se propone este método de estabilización deduciendo que la adición de agentes químicos como la cal, que es uno de los métodos más utilizados por su simplicidad y economía, generaría un aumento de la masa del lodo, incrementando su cantidad y densidad limitando así la eficiencia de los procesos de drenaje y evaporación, lo que se traduce en mayor tiempo de retención en los lechos, además, el pH alto del lodo restringe las posibles alternativas de aprovechamiento de éstos ya deshidratados; no obstante, la adición de cal a los lodos se considerará en el caso que los malos olores afecten el bienestar de los operarios ó la comunidad cercana al relleno sanitario.

Para la prueba a escala de este sistema de tratamiento se utilizó el lecho de secado ubicado en el relleno sanitario “El Ojito”, y los residuos ensilados y estabilizados previamente; el pequeño volumen a secar (24 L) y la alta radiación solar hicieron que la deshidratación total se lograra en 3 días, pese a que el lecho

estaba provisto de una cubierta en zinc; los resultados obtenidos fueron una disminución del volumen > 50%, cambio de estado semilíquido a sólido, coloración café, sin presencia de olores; los residuos fueron utilizados como abono para el terreno adyacente a la laguna de estabilización del relleno.

Los resultados favorables se obtuvieron por la acción complementaria de los sistemas de aprovechamiento, los residuos ensilados disminuyeron su volumen en los lechos de secado, y en los lechos se utilizaron residuos ya estabilizados lo que redujo la emanación de olores y la proliferación de vectores.

De acuerdo con los lineamientos establecidos por el Reglamento Técnico del sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS- 2000, Título E, "Tratamiento de aguas residuales en lo concerniente al diseño de lechos de secado"; se definen los siguientes parámetros de diseño:

- Cantidad de lodo a tratar= 24 m³ por semana.

Esta cantidad se halló estimando que se deben disponer en el relleno 24 toneladas de estos residuos (según el promedio de 2008, en una semana se reciben aproximadamente 17 toneladas de lodos de alcantarillado y 7 toneladas de residuos de la Central de Sacrificio (ver Tabla 2)). En éste diseño de los lechos no se proyecta la cantidad de residuos a futuro debido a la poca variación en la cantidad de los mismos. Para determinar el volumen que ocuparían se tuvo en cuenta el alto porcentaje de humedad de los desechos tomando la densidad del agua (1000 kg/ m³) como factor de conversión.

La cantidad de lodo a tratar se presenta en semanas previendo el tiempo que los lodos tarden en secar, un tiempo de secado menor (días) sería insuficiente

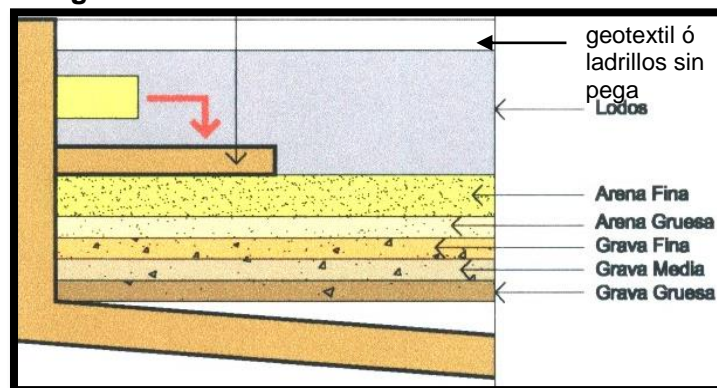
para lograr una remoción de humedad satisfactoria, un tiempo de secado mayor (meses) sería inviable (serían requeridos una mayor cantidad de módulos, o módulos que cubran áreas mas grandes) para tratar los 93,52 m³ de residuos recibidos al mes.

- Geometría: las características de cada módulo son:
Cantidad = 5 módulos requeridos.
Área = 25 m², ancho y longitud modulo = 5 m
Profundidad = 0,8 m
Volumen= 25 m² * 0,8 m = 20 m³
Pendiente = 2%
- Tiempo de retención: Se recomienda un tiempo de secado de lodos en cada módulo de 2 semanas, 5 descargas de lodos en una semana (5 m³ por descarga). Este tiempo se calcula suficiente para lograr la deshidratación de los lodos en lechos de secado sin cubierta.
- Muros laterales: Pueden ser construidos de mampostería, de hormigón, ladrillo ó utilizar las llantas que llegan al relleno sanitario, amarrándolas con alambre y rellenándolas con tierra muy bien apisonada. Los muros laterales deben tener un borde libre de 0,4 m por encima de la arena.
- Drenajes: Se recomienda utilizar como medios de drenaje grava y arena de río no triturada, arriba la capa de arena con un espesor de 0,1 m debajo la capa de grava con espesor de 0,3 m tal como se presenta en la Figura 13. Los diámetros de las partículas de grava deben estar entre 0,3 cm y 2,5cm.

La arena debe presentar las siguientes especificaciones: Partículas limpias, duras, durables y libres de arcilla, polvo, ceniza u otro material extraño; coeficiente de uniformidad entre 3,5 y 4,0; tamaño de los granos de arena recomendado esta entre 0,3 y 1,2 mm (RAS, 2000).

Se recomienda la adecuación de geotextil tejido que sea permeable, una capa de ladrillo sin pega o esterilla de guadua sobre la capa de arena, para reducir la frecuencia con la que se tiene que reponer la arena que se pierde en los procesos de filtrado y recogida de los lodos secos.

Figura 13. Perfil de los lechos de secado de lodos.



Fuente: Castro, 2005

- Recolección de percolados: La recolección de percolados se efectuará a través de tuberías de drenaje de plástico perforadas. Para evitar inconvenientes de infiltración se recomienda sellar el fondo del lecho con membrana impermeable. El percolado será trasladado hacia la laguna de lixiviados mediante tubería.

En el fondo de cada módulo se hará necesaria la adecuación de un tubo de PVC de 4 ó 6 pulgadas de diámetro y una pendiente de 2%; se localizará por debajo de la capa de grava con no menos de 15 cm de este material por

encima de él. Los orificios en el tubo tendrán un diámetro no menor de 0,6 cm para evitar obstrucción; de cualquier forma el diámetro de las perforaciones no será mayor que el tamaño de la grava, se recomienda perforaciones con diámetro entre 0,7 a 1,2 cm. La distancia entre perforaciones recomendada es de 10 a 30 cm. Para tener un buen funcionamiento en tubería perforada se recomienda separaciones de 30° respecto a la vertical (Márquez, 2005).

- Cobertura: La cubierta proporciona un techo al lecho de arena. La necesidad de utilizarla depende de las condiciones ambientales de la zona en un instante determinado.

El relleno está ubicado a una altura de 1.770 m.s.n.m, temperatura media de 19 °C y precipitación media mensual aproximada de 174 mm (Cerón, 2008); la necesidad de adecuar cubiertas para los lechos se evidencia debido a la variabilidad de clima en la ciudad; para favorecer la evaporación y el escurrimiento se propone la implementación de cubiertas utilizando hojas de zinc apoyadas en soportes de madera ó guadua que no superen los 2,5 m de alto; para aprovechar la radiación directa del sol y proteger los lodos de la lluvia se recomienda la adecuación de ruedas en los soportes, que favorezcan el desplazamiento a las cubiertas.

- Operación y mantenimiento: La superficie del lecho debe mantenerse limpia y libre de todos los lodos que se hayan descargado anteriormente. Una vez retirados los lodos, las tuberías de lodos deben escurrirse bien y hacer circular agua por ellas. Esto no solo evita el taponamiento de las tuberías, sino también el desarrollo de grandes presiones originadas por los gases

emanados de los lodos que queden dentro. Por este motivo, debe evitarse encender fósforos, cigarrillos o cualquier fuego cerca.

La torta de lodos con un contenido de humedad de 60% a 70%, puede retirarse con palas o rastrillos. Después de retirar los lodos, el lecho debe prepararse para la siguiente carga reponiendo la arena que se haya perdido en limpiezas anteriores.

- Disposición final: Una vez se han estabilizado y deshidratado, los lodos combinados presentarán una textura gruesa y agrietada con un color negro ó café oscuro, pasados 15 días serán retirados con palas de los lechos. En ese momento pueden ser incorporados junto con los residuos domiciliarios para su disposición final ó pueden ser aprovechados como cobertura final en el relleno tal como se hace en el relleno sanitario Doña Juana con los lodos de la PTAR el Salitre; también pueden ser aprovechados en procesos de compostaje, recuperación de suelos degradados ó aprovechamiento forestal como abono natural.

Es ampliamente conocida la utilización de lechos de secado como proceso final de un tren de tratamiento de residuos; en el relleno sanitario “Antanas” (Pasto) se utilizan 4 módulos de secado, cada uno con un área de 16 m², en ellos se deshidratan los lodos provenientes de las lagunas de estabilización, floculadores, sedimentadores y las espumas que se pueden generar en las unidades de tratamiento de lixiviados, en ocasiones se agrega paja sobre la superficie para acelerar el proceso el cual dura de 4 a 6 semanas, el lodo deshidratado se utiliza como abono del pasto de los taludes y el bosque cercano al relleno, notando un rápido crecimiento vegetativo (Castro, 2005).

El relleno sanitario “La Esmeralda” de Manizales recibe aproximadamente 380 toneladas de residuos al día, en él se implementó la planta para el tratamiento de lixiviados consistente en coagulación-floculación-sedimentación-lechos de secado, siendo los lechos de gran utilidad para convertir el lodo casi líquido en un sólido que es dispuesto sin ningún tipo de riesgo como cobertura final de las celdas (Rivera y Valencia, 2003).

Los lechos de secado se presentan como una alternativa económica que utiliza en su infraestructura materiales factibles como: ladrillos, hormigón, esterilla de guadua, tubos etc.; sin embargo, sus limitaciones son el área requerida para su implementación y la necesidad de un residuo estabilizado. Esta opción más que una alternativa de tratamiento se consideró la fase complementaria de alternativas como el compostaje y la biodigestión.

8.4. Otras

En reuniones con cada uno de los Jefes de la Central de Sacrificio y del Relleno Sanitario “El Ojito”, se contemplaron otras alternativas que pudieran ser aplicadas a estos residuos, dando relevancia al mayor contaminante: la sangre.

- **Comercialización de la sangre con la comunidad:** esta alternativa se puso en consideración debido a la demanda de este residuo para la fabricación de alimentos de consumo humano como morcillas, sopas y embutidos; teniendo en cuenta que se generan al día aproximadamente 1.125 L de sangre y que la demanda por parte de la comunidad no supera los 50 L diarios, esta opción se suprimió como posible alternativa de tratamiento porque solo se aprovecharía el 4,5 % del residuo.

- **Deshidratación de la sangre:** Según López y Ramírez (2008) la deshidratación artesanal requiere la adecuación de hornillos (que pueden ser contruidos de ladrillo, hormigón, barro) y combustible para la cocción de la sangre que posteriormente debe ser secada y molida, a pesar que los costos de implementación son moderados, la inconveniencia se presenta al tratar más de 1.000 L de sangre al día, lo que se refleja en aumento de hornillos y de mano de obra, generación de olores, proliferación de moscas y vectores durante el secado que propician situaciones poco higiénicas; esta opción es mas viable en pequeños mataderos.

Para la deshidratación industrial se requiere la adecuación de un digestor o cooker en el que la sangre reduce más del 90% de su humedad obteniéndose un polvo rico en proteínas (>80%) (Ockerman y Hansen, 1994), pese a que un cooker tiene la capacidad de tratar más de 1 m³ de sangre al día y que se obtiene total control sanitario por ser un sistema cerrado, las inconveniencias son de tipo económico ya que la inversión inicial supera los \$ 400'000.000. Vale la pena destacar la existencia de un cooker en el matadero que se encuentra fuera de uso porque no existen los repuestos necesarios para su funcionamiento por tratarse de tecnologías obsoletas.

La comercialización de la harina de sangre se ve restringida por la disminución de los campos de aplicación de este producto, ya que la resolución ICA 991 de 2001, en su artículo 1º prohíbe el uso de harina de sangre en la formulación de alimentos para rumiantes y en la elaboración de abonos o fertilizantes, como medida preventiva para la transmisión de la EEB (Encefalopatía Espongiforme Bovina).

- **Comercialización de la sangre con procesadoras:** En Tulúa (Valle) se encuentra la empresa de harina de sangre más cercana al matadero municipal, los gastos de envío de la sangre están asociados con la adecuación de un vehículo de gran capacidad, combustible, mano de obra y aplicación de anticoagulante, según la Administración del matadero estos gastos superan los ingresos por su venta, razón por la cual descartó esta posibilidad.
- **Biodigestión:** este sistema permite la utilización del contenido ruminal, la sangre y los lodos por su alto contenido de humedad, dadas la altas cantidades a utilizar 1 m³ de sangre, 1,7 toneladas de contenido ruminal y 2,7 toneladas de lodos al día, se planteó la implementación de un biodigestor de alta velocidad o flujo inducido tipo semi-industrial el cual ofrece cortos tiempos de retención (15 días); sin embargo, los requerimientos económicos hicieron que de entrada se alejara esta opción; teniendo en cuenta la dilución necesaria para la eficaz digestión de la materia (Castillo *et al.*, 2003) los biodigestores convencionales le darían uso solo a una parte de los residuos, tal como lo está haciendo actualmente la UMATA.

Considerando las limitaciones de las alternativas anteriores y los resultados favorables de los sistemas de compostaje y ensilaje complementado con los lechos de secado, estas se vislumbran como las alternativas de aprovechamiento más viables para ser implementadas en este estudio.

9. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

El presente Plan de manejo de residuos peligrosos fue formulado con base a la revisión ambiental inicial y a la evaluación de dos alternativas de manejo.

La implementación del plan depende de la responsabilidad que adquieran los Jefes y los operarios de las empresas vinculadas de una u otra forma con estos residuos. Este compromiso debe plasmarse en la política ambiental, la cual deberá ser firmada por los jefes o encargados en cada una de las empresas.

9.1. Alcance:

El presente plan de manejo de residuos peligrosos será aplicable a todas las áreas del Relleno sanitario "El Ojito" y a las áreas de la Central de Sacrificio y Empresa de Acueducto y Alcantarillado que sean generadoras de residuos peligrosos.

9.2. Grupo Administrativo de Gestión Ambiental:

La Gestión Ambiental en torno a los residuos peligrosos contenido ruminal, sangre y lodos de alcantarillado, está conformada por el conjunto de acciones de los generadores y el receptor que propendan lograr un adecuado manejo de los desechos, de tal manera que no afecte la salud de las personas ni perjudique el ambiente.

Para lograr esta gestión, se debe contar con representantes de las empresas que tengan una verdadera responsabilidad ambiental y social y que conformen un grupo donde se deliberen las dificultades y se generen soluciones.

Debido a que el presente plan incluye a las empresas: Acueducto y Alcantarillado de Popayán, Central de Sacrificio y Faenado Municipal, Relleno Sanitario “El Ojito”; distanciadas unas de otras y con actividades productivas diferentes, la conformación del grupo de gestión no se logró, entre otros, por la falta de responsabilidad ambiental y social de los representantes de las empresas generadoras. En el momento en que se logre conformar el grupo de Gestión Ambiental, este tendrá que cumplir una serie de funciones para alcanzar las metas propuestas en este plan.

9.2.1. Funciones:

Algunas de las funciones más relevantes del grupo de Gestión Ambiental son (Hoyos, 2008):

- Diagnóstico Ambiental: Para la elaboración del plan se deben hacer mediciones y caracterizaciones de los residuos considerados en este plan, revisión y actualización de la normatividad ambiental, caracterización física, química y biológica de los residuos.
- Estructura funcional: Establecer la estructura organizativa y ejecución del Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, mediante reuniones periódicas con sus correspondientes actas.
- Coordinación: Corresponde al grupo de Gestión Ambiental establecer mecanismos de coordinación para llevar a cabo un correcto manejo de los residuos considerados en este plan.

- Presupuesto para el diseño e implementación del Plan. Es necesario que el grupo establezca las partidas presupuestales requeridas tanto para el diseño como la ejecución continua del plan.
- Seguimiento del plan. Es responsabilidad del grupo de Gestión Ambiental, establecer los mecanismos de control y seguimiento continuo con el fin de garantizar que se ejecuten todas y cada una de las actividades.

9.3. Programas

El Plan de Gestión propuesto para el manejo adecuado de los residuos (contenido ruminal, sangre y lodos de alcantarillado) dispuestos en el relleno sanitario “El Ojito” incluye todas la etapas del residuo desde su generación. Los programas propuestos plantean objetivos, actividades, indicadores, responsables.

9.3.1. Programa de Salud Ocupacional

Responsable: Coordinador grupo de aseo, Jefe de personal Acueducto, Jefe de la Central de Sacrificio y/o ARP contratada en cada empresa.

Objetivo: Garantizar la protección de los trabajadores del relleno sanitario, la división de alcantarillado y la Central de Sacrificio minimizando los riesgos a los que pueden estar expuestos en la ejecución de su labor.

Actividades: Las actividades de este proyecto deben estar acogidas a los programas de Salud Ocupacional de cada empresa, y se detallan a continuación:

Tabla 20. Actividades del Programa de Salud Ocupacional.

Cód.	Actividad	Indicador
PSO1	Dotación personal (mascarilla, guantes, zapatos)	Cantidad de dotaciones entregadas.
PSO2	Suministrar guarda ropas, unidad sanitaria, sitios y estanterías exclusivas para el almacenamiento de los elementos de protección personal.	Cantidad de sitios disponibles para el almacenamiento de la dotación.

Continuación Tabla 20.		
PSO3	Aplicar los esquemas de vacunación al personal	Número de trabajadores vacunados. Número de vacunas completas.
PSO4	Contemplar aspectos de capacitación permanente en normas de bioseguridad, higiene y protección personal.	Número de capacitaciones
PSO5	Disponer de elementos de primeros auxilios	Existencia de botiquín

9.3.2. Programa de Seguridad Industrial en la Central de Sacrificio

Responsable: La Central de Sacrificio será la encargada de desarrollar este programa, se realizarán estudios para definir los equipos de protección personal necesarios, haciendo que la gerencia del matadero garantice una serie de medidas que reduzcan los riesgos a que se someten los operarios en el proceso productivo.

Objetivo: Garantizar la protección y entrenamiento a todo el personal, con el fin que se haga buen uso de los elementos de producción.

Actividades: las actividades de este programa se presentan en la tabla 21.

Tabla 21. Actividades del Programa de Seguridad Industrial en la Central de Sacrificio.

Cód.	Actividad	Indicador
PSI1	Capacitación e instrucción al personal en las técnicas y principios de un trabajo seguro. Evitando en lo posible la alta rotación de su personal, esto provoca que tengan frecuentemente personal nuevo en período de capacitación.	Número de capacitaciones.
PSI2	Proveer las protecciones de seguridad de las máquinas (o utensilios corto punzantes)	Número de accidentes.
PSI3	Supervisar diariamente y previo al sacrificio, que los operarios utilicen la indumentaria adecuada y el cambio de overoles diario.	Presentación personal de cada trabajador
PSI4	Disponer de baños para el aseo diario y proveer los útiles de aseo personal.	Número de baños dotados
PSI5	Señalizaciones adecuadas en la planta.	Cantidad y ubicación de las señales.

9.3.3. Programa de almacenamiento temporal de residuos en la Central de Sacrificio.

Responsable: Jefe de la Central de Sacrificio.

Objetivo: Almacenar temporalmente los residuos del proceso de sacrificio de tal manera que cumpla con los requerimientos técnicos, sanitarios y ambientales.

Actividades: las actividades de este programa se presentan a continuación:

Tabla 22. Actividades del Programa de almacenamiento temporal de residuos en la Central de Sacrificio.

Cód.	Actividad	Indicador
PAT1	Señalizar el tanque de sangre bovina.	Cantidad y ubicación de señales.
PAT2	Hacer mantenimiento diario al tanque de sangre para evitar algún tipo de contaminación	Aspecto del tanque
PAT3	Disponer de un sitio dentro de la central para los recipientes con sangre porcina que este aislado del proceso de sacrificio.	Ubicación del sitio. Cantidad de recipientes dentro del salón de sacrificio.
PAT4	Dotar de recipientes herméticos, marcados y en buen estado, para el almacenamiento de la sangre.	Cantidad de recipientes.
PAT5	Ubicar adecuadamente el sistema hidroneumático, en un lugar exclusivo y aislado del proceso de sacrificio para evitar contaminación cruzada.	Ubicación del sitio. Cantidad de procedimientos realizados en el sitio.
PAT6	Dotar un remolque hermético para el almacenamiento y transporte de residuos.	Cantidad de residuos derramado.
PAT7	Adecuar la canaleta de sangre bovina con elementos que eviten acumulaciones y faciliten limpieza diaria.	Aspecto de la canaleta.
PAT8	Construcción de canaleta de desangre en salón de sacrificio porcino y tanque para almacenarla.	Construcción de la canaleta y el tanque.

9.3.4. Programa de reducción de residuos en la Central de Sacrificio

Responsable: La administración general de Central de Sacrificio será la encargada de desarrollar este programa.

Objetivo: Reducir la cantidad de residuos que no son aprovechados y que tienen que ser dispuestos en el relleno sanitario.

Actividades: las actividades del programa se detallan en la Tabla siguiente:

Tabla 23. Actividades del Programa de reducción de residuos en la Central de Sacrificio.

Cód.	Actividad	Indicador
PRR1	Implementación de nuevas tecnologías para el sacrificio, como pistola de insensibilización, cuchillo hueco, tolva de degüello	Cantidad de sangre contaminada con vomito, o agua de lavado.
PRR2	Mantenimiento de la prensa en la tolva de contenido ruminal	Humedad del contenido ruminal.
PRR3	Disminuir la cantidad de agua utilizada por el sistema hidroneumático para la limpieza y transporte del contenido ruminal hasta la tolva.	Volumen de contenido ruminal.
PRR4	Reubicación del salón de vísceras blancas donde no haya riesgo de contaminación cruzada con el salón de sacrificio de porcinos	Cantidad de sangre contaminada. Cantidad de contenido ruminal contaminado.
PRR5	Construcción del cuarto de refrigeración de sangre, para evitar la formación de coágulos que limitan el aprovechamiento de la misma.	Construcción del cuarto frío. Cantidad de sangre coagulada.
PRR6	Propiciar la investigación de procesos de aprovechamiento de residuos.	Número de proyectos
PRR7	Desarrollo de proyectos de aprovechamiento de residuos	Cantidad de residuos aprovechados.

9.3.5. Programa gestión de residuos Acueducto y Alcantarillado.

Responsable: Jefe de la división de alcantarillado.

Objetivo: Cuantificar y caracterizar los lodos generados y que pueden ser aprovechados en procesos alternos, reduciendo la cantidad de residuos que son dispuestos en el relleno sanitario.

Actividades: las actividades de este programa se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Actividades del Programa de gestión de residuos en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

Cód.	Actividad	Indicador
PGRAA1	Crear un formato donde se indique el tipo de mantenimiento, zona, motivo, número de vehículos utilizados, encargado, número de viajes, capacidad del tanque de almacenamiento, total lodo recolectado, etc.	Registro de identificación de residuos.

Continuación Tabla 24.		
PGRAA2	Realizar análisis físico químicos que incluyan la identificación de metales pesados y organismos patógenos, en laboratorios acreditados	Registro de monitoreos reglamentarios.
PGRAA3	Calcular la carga contaminante	Registro de monitoreo interno.
PGRAA4	Propiciar la investigación de procesos de aprovechamiento de lodos.	Número de proyectos
PGRAA5	Apoyar e incentivar el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de lodos	Número de proyectos finiquitados o en curso. Cantidad de residuos aprovechados
PGRAA6	Realizar campañas educativas respecto al cuidado y mantenimiento de las redes de alcantarillado.	Número de ciudadanos informados.

9.3.6. Programa gestión de residuos Relleno Sanitario “El Ojito”

Responsable: Jefe de operaciones del relleno (profesional de apoyo)

Objetivo: Aprovechar los residuos recibidos en el relleno, impidiendo su disposición directa.

Actividades: en la Tabla 25 se detallan las actividades de éste programa.

Tabla 25. Actividades del Programa de gestión de residuos en el relleno sanitario “El Ojito”.

Cód.	Actividad	Indicador
PGRRS1	Implementar sistemas de aprovechamiento como lechos de secado o ensilaje.	Sistema implementado.
PGRRS2	Coordinar con entidades ambientales como la UMATA, ICA, INVIMA, CRC la utilización de residuos.	Cantidad de residuos aprovechados.
PGRRS3	Efectuar sistemas para tratar residuos como lechos de secado y silos.	Cantidad de residuos tratados.
PGRRS4	Propiciar la investigación de procesos de aprovechamiento de residuos.	Número de proyectos
PGRRS5	Desarrollo de proyectos de aprovechamiento de residuos	Número de proyectos finiquitados o en curso. Cantidad de residuos aprovechados.

Continuación Tabla 25.		
PGRRS6	Crear un formato donde se indique el tipo de residuo, procedencia, cantidad, fecha de ingreso, estado, generador, observaciones, presentación	Registro de entrada de residuos.
PGRRS7	Requerir informes de caracterización de residuos peligrosos a los generadores	Informes de caracterización.
PGRRS8	Realizar mantenimiento a los instrumentos de medición tales como báscula, termómetro, pHmetro	Registro de actividades de mantenimiento.
PGRRS9	Caracterizar periódicamente los lixiviados y gases, de tal manera que se pueda determinar el grado de influencia de los residuos no ordinarios sobre ellos.	Número de caracterizaciones al año.

10. PRESUPUESTO

Cód.	Actividad	Descripción	Costo (\$)
Programa de Salud Ocupacional			
PSO3	vacunación	Aplicación gratuita por las EPS o ARP.	0
PSO4	Capacitación bioseguridad	Capacitaciones por parte de ARP.	0
Programa de Seguridad Industrial en la Central de Sacrificio			
PSI2	protecciones especial	28 fajas lumbares	300.000
		28 pares de guantes de malla acero	840.000
		28 mascarillas	112.000
PSI5	Señalizaciones	Avisos y etiquetado de zonas y recipientes.	50.000
Programa de almacenamiento temporal de residuos en la Central de Sacrificio			
PAT4	Recipientes herméticos	4 (250 ml)	300.000
PAT6	Remolque hermético	1	2'000.000
PAT7	Cubrimiento con pintura epóxica	1 galón	59.500
PAT8	Construcción canaleta		300.000
Programa de reducción de residuos en la Central de Sacrificio			
PPR1	cuchillo hueco pistola insensibilización tolva de degüello	2	400.000
		1	4'060.000
		1	5'000.000
PPR2	Mantenimiento tolva		4'000.000
PPR5	Cuarto frio	1	13'000.000
Programa gestión de residuos Acueducto y Alcantarillado			
PGRAA2	Análisis fisicoquímico	Muestra compuesta (anual)	1'624.000
PGRAA5	Campañas	a nivel municipal	2'000.000
Programa gestión de residuos Relleno Sanitario "El Ojito"			
PGRR1	Lechos Ensilaje	4 módulos de 25 m ² cada uno	4'000.000
		4 silos	8'000.000
PGRRS8	Mantenimiento	Báscula , termómetro , pH metro	1'000.000
PGRRS9	Caracterización	Incluyendo metales pesados	2'000.000
No se incluye mano de obra porque se propone utilizar la actualmente contratada.			

11. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la información disponible, mensualmente son dispuestos en el relleno 126,89 toneladas de residuos peligrosos (excluyendo los residuos hospitalarios) sin tratamiento especial, incluyendo la sangre.
- En la revisión ambiental inicial se determinó la cantidad de sangre y contenido ruminal generados mensualmente por el sacrificio de 1800 bovinos en el matadero municipal (27 m³ y 40,5 t respectivamente), la cantidad de lodos en el sitio de generación no pudo ser determinada debido a la falta de registros en la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.
- La caracterización de residuos permitió identificar a la sangre como el mayor contaminante de la Central de Sacrificio, ya que su carga contaminante en términos de DBO₅ = 202,79 kg/día fue mucho mayor que la del contenido ruminal 37,38 kg/día.
- De manera conjunta se identificó el compostaje como el proceso de aprovechamiento que permite utilizar mayor cantidad de residuos (contenido ruminal, sangre, tendido, estiércol) ya que las características iniciales de la mezcla a compostar (humedad= 41%, C/N = 30) estuvieron dentro del rango aceptable para este proceso.
- La carga orgánica contaminante de los lodos de alcantarillado (DBO₅ = 0,39 kg/día) es baja en comparación con la sangre y el contenido ruminal, sin

embargo la importancia de su tratamiento radica en la presencia de agentes patógenos (coliformes > 2419 UFC/100 mL).

- Los lodos de alcantarillado de Popayán provienen de un agua residual con concentraciones débiles de contaminantes, dado que los valores de DBO₅ y DQO no superaron los 250 mg/ L
- El plan de manejo propuesto presenta soluciones a los impactos ambientales producidos, dando mayor importancia a los procesos de aprovechamiento y minimización, enmarcado dentro de las normas ambientales y los recursos disponibles.

12. RECOMENDACIONES

- Dadas las complicaciones de la disposición final de residuos no ordinarios y la falta de interés por parte de los generadores, se debe contemplar la posibilidad de incrementar los costos por la disposición de estos residuos en el relleno, de tal manera que se compensen los gastos generados.
- Diligenciar formatos de registro de residuos tanto en la empresa receptora como en las empresas generadoras, de manera honesta y continua; esto facilitará la identificación de los posibles procesos de aprovechamiento.
- Crear acuerdos entre las empresas generadoras y el relleno, donde se especifiquen las condiciones de entrega, esto afianzará la responsabilidad ambiental que debe tener el generador con sus residuos y será de utilidad en la gestión de los mismos.
- Caracterizar periódicamente los residuos generados, para que la información sobre estos sea actual y veraz; del mismo modo se recomienda hacer caracterizaciones periódicas de los parámetros involucrados en el funcionamiento del relleno.
- Crear un fondo de ahorro en cada empresa, donde se destine un porcentaje de los ingresos, para desarrollar proyectos encaminados a la minimización y aprovechamiento de los residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR Flores, ESCOLÁSTICA Lidia. Caracterización fenotípica y genotípica de estirpes de *Salmonella Choleraesuis* aisladas de ambientes marinos. (Texto en Internet) www.uniclinicaedu.ar. (Consulta: 2 de febrero 2011)

ALARCÓN Carlos. Manejo de lodos provenientes de la infraestructura de alcantarillado. Estudio del caso: Sedapal. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México. 27 al 31 de octubre, 2002.

ALCALDÍA Municipal de Popayán: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipio de Popayán 2006- 2020. Popayán. Pág. 178.

ALCAYAGA Sergio, HOTT Barbará. Listeria y listeriosis: un desafío de los nuevos tiempos. Revista Chilena de Salud Pública. Vol. 12, Nº 3. Santiago, Chile. 2008. Pág. 188-190

ARAUJO Omar, VERGARA Juan. Propiedades físicas y químicas del rumen. Producción Animal. Vol. 15 (Supl. 1). Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Venezuela. 2007. Pág. 133

BAUTISTA Hugo. Elaboración de una nueva dieta con inclusión de sangre bovina deshidratada, como fuente de hierro y como equilibrador de perfil aminoacídico para alevines de trucha arco iris. (Trabajo de pregrado). Escuela politécnica del Ejército. Ingeniería en biotecnología. Sangolqui, Ecuador. 2007. Pág. 33

BELTRÁN Catalina, PERDOMO William. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlántico; (Trabajo de pregrado). Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Bogotá, 2007. Pág. 24, 25,33

BENAVIDEZ Lilia. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Central de sacrificio de Túquerres (Nariño). (Trabajo de especialización). Universidad Nacional de Colombia. Especialización en Ingeniería Ambiental. Manizales, 2006. Pág. 1-3

BENAVIDEZ Livia, Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos. 1993. (Texto en internet) http://www.icesi.edu.co/blogs/manejousorsi201002/files/2010/08/guia-para-la-definicion-y-clasificacion-de-residuos-peligrosos_cepis.pdf. (Consulta: 5 de enero 2008)

BIOTEC Colombia. Valorización de los sub-productos del tratamiento primario por compostaje (caso: Matadero Carnes y Derivados de Occidentales S.A.- Cali - Colombia). 2008. (Texto en internet) www.biotec.net/archivos/publicaciones/conil5.doc (Consulta: 16 de mayo 2009)

BONILLA María del Pilar, MOSQUERA Mariela. Seguimiento de la presencia de Rotavirus A en un proceso de compostaje realizado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y contenido ruminal. (Trabajo de especialización) Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias.2007. Pág.

BONILLA Mauricio. Guía para el manejo de residuos en rastros y mataderos municipales. Comisión Federal para la protección de riesgos sanitarios. México, 2007. Pág.12

CAMAYO, Reinel: "Informes Mensuales 2007"; Alcaldía Municipal, Grupo de Aseo. Popayán, 2007.

CAMAYO, Reinel: Proyecto: "Ecoparque El Ojito" Fase Conceptual; Alcaldía Municipal, Grupo de Aseo. Popayán, 2004.

CARRILLO Leonor. Microbiología Agrícola. (Artículo en Internet) www.unsa.edu.ar/matbib/micragri/micagricap5.pdf 2003 (Consulta: 23 de marzo 2009)

CARUSO Maricruz; MAERO Esther. Seminario: Industria cárnicas, residuos, su tratamiento y prevención de la contaminación. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Argentina. 2002. Pág. 10

CASTILLO Edgar, CRISTANCHO Diego, ARELLANO Víctor. Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de RSU. Revista Colombiana de biotecnología. Volumen 5, N° 2. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2003. Pág. 15.

CASTRO Erika, AGUILAR Luis Guillermo. Responsabilidad civil extracontractual en la gestión de residuos peligrosos. Universitas. N° 113. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 2007 pág. 173-206.

CASTRO María Helena. Relleno Sanitario de la ciudad de San Juan de Pasto. (Informe final de Pasantía). Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil. Popayán, Colombia. 2005. Pág.1, 83,103.

CENTRO de producción más limpia. Guía básica de manejo de rastros municipales. Nicaragua. 2004. Pág. 24

CEPIS Rellenos sanitarios y tratamiento de residuos líquidos de mataderos municipales: Sistemas de tratamiento de los residuos líquidos de rastros municipales, realizados por los Proyectos CAM-PROFIM. (Texto en Internet) <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/resisoli/relenos/capit6.html> (Consulta: 20 de mayo 2010)

CERÓN, Ronald: Relleno Sanitario El Ojito: Informes Mensuales 2008; Alcaldía Municipal, Grupo de Aseo. Popayán, 2008.

COLOMBIA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 838 de 2005; Por el cual se modifica el decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 2005.

COLOMBIA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 4741 de 2005; Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogotá. 2005.

COLOMBIA Ministerio de la Protección Social. Decreto 1500 de 2007; Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema oficial de Inspección, vigilancia y control de la carne. Bogotá, 2007.

COLOMBIA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 1045 de 2003; Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de PGIRS. Bogotá. 2003.

COLOMBIA: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: RAS.Título E: Tratamiento de aguas residuales. Bogotá, 2000. pp. E-114.

COLOMBIA, Secretaria de Salud Municipal de Popayán. Acta de Inspección Sanitaria a Mataderos Clase I, II, III y IV. Popayán: 1 de marzo 2007.

COLOMBIA, Secretaria de Salud Municipal de Popayán. Inspección sanitaria a la Central de Faenado de Ganado mayor y menor. Popayán. 2008.

COLLAZOS Héctor. Saneamiento de basura "El Ojito", Capítulo 2: Esquema general del proyecto. Alcaldía Mayor de Popayán, Secretaria de Infraestructura y mantenimiento vial. 2000. Pág. 1,5

DÁGUER Gian Paolo. Gestión de biosólidos en Colombia. 46º Congreso Internacional de ACODAL "Sociedad, Ambiente y Futuro" (29-31 de octubre: Santiago de Cali, Colombia). Memorias. Cali: ACODAL, 2004. Pág. 2

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). Sacrificio de ganado vacuno total nacional y regional, enero-diciembre de 2009. Disponible en: http://www.dane.gov.co/daneweb_UV09/index.php?option=com_conten&view=article&id=247&Itemid=73

EPA (Environment Protection Agency). Code of Federal Regulations, Title 40 Protection of Environment, Part 261: Identification and listing of hazardous waste. USA. (Texto en Internet) www.epa.gov. (Consulta: 4 de febrero 2009)

FAO (Food & Agriculture Organization) Tratamiento y utilización de residuos de origen animal pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Estudio FAO producción y sanidad animal134. Roma 1997.Pag 37,123. Disponible en: http://books.ggoogle.es/books?id=ssK1bNa3XsMC&printsec=copyright&source=gb_s_pub_info_s&cad=2-v=onepage&q&f=false.

FALLA Luis Humberto. Desechos de matadero como alimento animal en Colombia. Frigorífico Guadalupe S.A. Bogotá. 1995. (Texto en internet) www.ergonomix.com (Consulta 15 de noviembre de 2008)

FERNÁNDEZ Aníbal. El silaje y los procesos fermentativos. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Rio Cuarto, Argentina.1999 (Texto en Internet) http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/01el_silaje_y_los_procesos_fermentativos.htm (Consulta: 24 de marzo de 2011)

FERNÁNDEZ Francisco. Algunos problemas de control en procesos de Eutrofización. (Tesis de doctorado). Universidad de Santiago de Compostela. Programa de tercer ciclo del Departamento de Matemática Aplicada. Santiago de Compostela, España. 2008. Pág.2

GARRIDO Noelia. Diagnóstico de la implementación del Decreto Supremo N° 148 sobre Planes de Manejo de residuos peligrosos en la región Metropolitana. (Trabajo de pregrado). Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Santiago, Chile. 2006. Pág. 32

GARZÓN Isabel. Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión. (Trabajo de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito. 2010. Pág. 73

GIRALDO EUGENIO, ¿Combinar o Separar? Una discusión con un siglo de antigüedad y de gran actualidad para los Bogotanos. Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes; 2000; Volumen 11: pág. 25-26.

GÓMEZ-RICO María Francisca. Estudio de contaminantes orgánicos en el aprovechamiento de lodos de depuradora de aguas residuales urbanas. (Trabajo de doctorado). Universidad de Alicante. Doctorado en Ingeniería Química. Alicante, España. 2008. Pág.28.

GRAJALES Sandra, MONSALVE Jaime. Programa de manejo integral de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira. 2005 (Artículo en Internet). www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/1716285-290.pdf (Consulta: 15 de septiembre 2009)

GUERRERO Gustavo. Diseño de ingeniería básica de una planta para la elaboración de sangre deshidratada para alimentos balanceados. (Trabajo de pregrado).Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Quito.2010. pág. 14

GUERRERO Jhoniers, MONSALVE Jaime. El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. Scientia et Technica. Volumen No 32.Universidad Tecnológica de Pereira. Diciembre de 2006. pág. 473

HOYOS Marivel. Formulación plan de gestión integral de residuos hospitalarios y similares para Clínica Palmares. (Trabajo de pregrado). Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Popayán. 2008. Pág. 46-47.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de Administración ambiental: Especificaciones con guía par su uso. Bogotá: Icontec, 1996. (NTC-ISO 14001)

INVIMA. Política de racionalización de plantas de beneficio animal: alternativa ambiental, sanitaria y económicamente sostenible. Revista Institucional. Primera Edición. Bogotá. Diciembre 2009 .Pág. 36

IPPC (Prevención y control integrados de la contaminación) Comisión Europea. Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para mataderos e industrias de subproductos animales. Sevilla, España 2003. Pág. 172, 267

JARAMILLO Gladys, ZAPATA Liliana. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. (Trabajo de Especialización). Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Posgrados de Ambiental. Medellín, Colombia. 2008. Pág. 2

LAVIGNE J.P., TIENE B., JEANDROT A., LECHICHE C. Toxiinfecciones alimentarias colectivas. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana. Volumen 42, N° 1. Madrid, España. 2008. Pág.83

LÓPEZ Alberto, DE LA BARRERA Jorge, RODRÍGUEZ Ramiro y BARAHONA Carlos. Estudio comparativo entre un proceso fisicoquímico y un biológico para tratar agua residual de rastro. Interciencia. Volumen 33, N° 7. Caracas .2008.

LÓPEZ Fabián, RAMÍREZ Emilsen: Diagnostico del aprovechamiento de subproductos en 6 plantas de sacrificio animal del Cauca. (Trabajo de pregrado). Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2008. Pág. 171-179.

LÓPEZ Rafael. Tecnología de mataderos. Ediciones Mundi-Prensa. Impreso en España. 2004. Pág. 244

LOZADA Patricia, ESCOBAR Juan, VIDAL Andrea, IMERY Ricardo, NATES Paola, SÁNCHEZ Guillermo, SÁNCHEZ Martha, BERMÚDEZ Alejandro. Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de tratamiento de aguas residuales- PTAR. Revista Ingeniería e Investigación (58). Volumen 25, N° 2. Universidad del Valle. 2005. Pág. 55

MARÍN Doris, ARBOLEDA Natalia. Gestión de residuos peligrosos industriales en el Valle de Aburra. (Trabajo de especialización). Universidad de Antioquia. Especialización en gestión ambiental. Medellín, 2008. Pág. 52

MÁRQUEZ Camila: Estudio del tratamiento de lodos provenientes de pisciculturas mediante un sistema de digestión anaerobio (Trabajo de pregrado) Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ingeniería, Chile, 2005.

MÁRQUEZ, Enrique, ARÉVALO, Erika, BARBOZA, Yasmina. Formulación de un embutido con agregado de piel de pollo emulsificada con sangre de bovino. Revista Científica. Volumen N°16. Universidad de Zulia, Maracaibo.2006. Pág. 315-324.

MARTÍNEZ Javier. Guía para la gestión integral de residuos peligrosos. Centro coordinador del convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 2005. Pág. 18-19

MARTÍNEZ Teomarys, PÉREZ Norgida. Lineamientos generales para establecer un sistema de gestión ambiental en la empresa subproductos animales, Subpran, C.A. Matadero municipal de Maturín, Monagas. (Trabajo de pregrado). Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias Sociales y Administrativas. Monagas, Venezuela. 2002. Pág. 33-34.

MENDOZA Juan. Producción de compost a partir de residuos orgánicos para el Ingenio Castilla Industrial S.A., Colombia. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Ciencias Ambientales. Cali, Colombia. 2009. Pág. 24

METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales, Capitulo 2: Aguas residuales, clasificación, características y composición 2002 (Texto en internet) <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf> (Consulta: 15 de febrero de 2011)

MINISTERIO de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Gestión Integral de residuos o desechos peligrosos; 2007; Primera edición: pág. 14.

MINISTERIO del medio ambiente, SOCIEDAD de agricultores de Colombia (SAC). Guía ambiental para las plantas de beneficio del ganado. Bogotá. 2002.

MONCALEANO Mario León. Diagnóstico integral al matadero de Popayán. 2007.

MONCALEANO Mario León, Gestión de residuos sólidos en una planta de beneficio animal, estudio de caso: Carnes y derivados de Occidente S.A. Seminario Internacional: Practicas de diseño, medio ambiente y producción en camales. Universidad del Azuay. Ecuador. 2008.

MORALES María, PÉREZ Patricio, TORRES José, EGAÑA Juan y DÍAZ Iñigo. Efecto del tiempo y temperatura de procedimiento sobre las características químico- nutricionales del ensilado de contenido ruminal bovino y contenido gastrointestinal porcino. Avances de Medicina Veterinaria, Vol.11, N°2. Universidad de Chile. 1996

MORI Noda, Yumi Ana María. Caracterización química de los desechos de matadero. Avances en Medicina Veterinaria, Vol.6 N° 2. Universidad de Chile. 1991.

OCKERMAN H.W., HANSEN C.L. Industrialización de subproductos de origen animal. Traducido por Francisco Crespo. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 1994. Pág. 255

OEA (Organización de los Estados Americanos). Evaluación de los impactos ambientales y capacidad institucional frente al libre comercio en la región Andina. (Trabajo investigativo). Departamento de desarrollo sostenible, Bogotá, Colombia. 2006. Pág. 163.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Segunda Edición. Serie Ambiental N° 18. Septiembre de 1998. Pág. 102. Disponible en: www.cepis.org.pe.

PARRA Zeballos Roberto: Producción aeróbica de compost a partir de residuos de mataderos de reses y mercados. (Trabajo investigativo) Convenio: Cámara Nacional de Industrias- Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. Bolivia. 2004. Pág.157.

PENAGOS Fernando, Informe del vertedero de residuos sólidos de Popayán, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). Popayán. 2008

RED Interinstitucional de Tecnologías Limpias: Matanza de ganado mayor, fuentes principales de contaminación; Centro Nacional de Producción mas limpia- Colciencias- Ideam (texto en internet)http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311101/311101_fucon.htm# fuentes principales de contaminación. (Consulta: 7 de noviembre 2010)

REYNOLDS Kelly. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica, Identificación del problema. Agua Latinoamérica. Volumen 2, N° 5. 2002. Artículo online. www.agualatinoamerica.com.

RIVERA Nora, VALENCIA Norma. Estudio preliminar para el tratamiento de lixiviados en un reactor de lodos activos. (Proyecto de Investigación).Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manizales, Colombia. 2003. Pág. 9,13.

ROJAS Liliana, BOLAÑOS Lina. Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades. (Trabajo de pregrado). Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Popayán. 2009. Pág. 32

ROMERO Jairo. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 2000. Pág. 190.

SAVIANO C., VALLEJO J; Aparato digestivo de los rumiantes. Escuela agropecuaria de Tres Arroyos. Argentina. 2010 (Texto en internet)

www.eata.edu.ar/upload/.../APARATO_DIGESTIVO_RUMIANTES.doc (Consulta: 4 junio 2010)

SECRETARIA de desarrollo de Agricultura y Minero del Cauca. Estudio de pre-factibilidad para el plan de racionalización de plantas de beneficio animal del Cauca. 2010.

SEOANEZ Mariano. Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2003. Pág. 262

SHIMAMOTO, Arturo. Industria matarife/frigorífica. Eco signos virtual. Año 3, Número 3, 1998. Disponible en: <http://www.salvador.edu.ar/vrid/publicaciones/ecsv3-3c.htm>. 2003 (Consulta: 18 de febrero 2011)

SIGNORINI Marcelo. Evaluación de riesgos de rastros y mataderos municipales. Nacameh Volumen 1 N° 2. Secretaria de Salud. México 2007. Pág. 118, 130

SILVA JR., CHOCONTÁ V.E. Diseño y construcción de un prototipo para deshidratar sangre bovina a nivel de laboratorio. 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (23-25 de octubre: Cusco, Perú). Bogotá, Universidad Libre, Facultad de Ingeniería. 2007. Pág. 183.

SAG (Sociedad de agricultores y ganaderos del Cauca); Registros de sacrificio de ganado mayor y menor matadero municipal en 2008, Convenios SAG-Municipio de Popayán, 2008.

SUPERINTENDENCIA de Servicio Públicos. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia – Diagnósticos 2008 y 2009. Disponible en: http://www.superservicios.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=bcd04c23-976c-4244-9ed5-1685b66824fe&groupId=10122

TORRES Patricia, MADERA Carlos, SILVA Jorge. Mejoramiento de la calidad microbiológica de biosólidos generados en plantas de tratamiento de agua residuales domestica. Revista EIA. No 11. Escuela de Ingeniería de Antioquia. 2009. pp. 23 - 24.

TRILLOS Liceth, MESTRE Tirso, ARAUJO Álvaro, "Análisis fisicoquímicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César" Universidad Popular del Cesar, Facultad de ingenierías. 2006 (Texto en internet) www.engormix.com/MA-ganaderia.../378-p0.htm

UMATA (Unidad de Asistencia Agropecuaria y de Medio Ambiente). Informes mensuales: Proyectos de fortalecimiento al manejo de residuos sólidos y vivero municipal. Popayán. 2009

UICAB-Brito C.A., SANDOVAL C. A. Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la Industria Cárnica en la elaboración de composta. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Volumen 2, N° 2. Universidad Autónoma de Yucatán. 2003. Pág. 45-63.

URIBE Catalina, SUAREZ Martha. Salmonelosis no tifoidea y su transmisión a través de alimentos de origen aviar. Colombia Médica. Volumen 37, N° 002. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 2006. Pág. 153.

USDA (United States Department of Agriculture). Animal numbers, cattle. Total slaughter, World, 2009. www.fas.usda.gov/psdonline/psdResult.aspx

VALDÉS Enrique, VÁSQUEZ Alba. Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. Fundación ICA. México. 2003. Pág. Unidad 1.11

VILLA Andrés, MELÉNDEZ Adelina, CARULLA Juan, PABÓN Martha, CÁRDENAS Edgar. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos eco regiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volumen 23. Universidad de Antioquia 2010. Pág. 72

ANEXOS

Anexo 1. Lista de verificación aplicada a la Central de Sacrificio de Popayán

A. IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO		
Fecha	8 de Julio de 2008	
Municipio	Popayán	
Razón Social	Central de Sacrificio y Faenado de Popayán	
Dirección	Cra 3E N° 14 A 98 Barrio Las Ferias	
Tipo propiedad	Oficial: X	Privada: Mixta:
Representante Legal	Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca	
Capacidad Instalada	bovinos: 400 cabeza/día - porcinos: 80 cabeza/día	
Empleados	28 directos, 11 indirectos, 4 administrativos.	
SACRIFICIO		
Parámetro	Bovinos	Porcinos
Días	Lu, Ma, Mi, Ju,Vi , Sa	Lu, Ma, Mi, Ju, Vi , Sa
Horario	2:00 pm- 6:00pm	2:00 pm- 6:00pm
Promedio :	75/ día	15/ día
Medico Veterinario :	Si: X No: Nombre:	Leandro Cañola
Atendió la visita por parte de la empresa: Leandro Cañola		
Realizo la visita:	Jahen Hoyos, estudiante 10º semestre de Ingeniería Ambiental, Universidad del Cauca	

B. MANEJO DE SUBPRODUCTOS				
	ASPECTOS BOVINOS	VALOR	OBSERVACIÓN	% C
1.1	Contenido Ruminal			
1.1.1	Existe un procedimiento adecuado para la descarga del material ruminal procedente de los estómagos.	2	plataforma y bomba de succión	
1.1.2	El material ruminal tiene un área específica que evite la contaminación cruzada del producto.	1	Existe un área específica pero, para llegar hasta ella se debe pasar por la sala de sacrificio de porcinos.	

Continuación Anexo 1.

1.1.3	La planta de sacrificio aprovecha el rumen.	0	El rumen es llevado al relleno sanitario donde no hay aprovechamiento.	
	<i>Total contenido ruminal</i>	3		50
1.2	Sangre			
1.2.1	Se realiza insensibilización del animal.	2	Puntilla	
1.2.2	Existe caja de insensibilización.	2		
1.2.3	La técnica de insensibilización es adecuada.	2		
1.2.4	El dispositivo para la insensibilización se encuentra en buen estado de funcionamiento	2		
1.2.5	Se realiza izado del animal para su posterior sangría y faenado	2		
1.2.6	El equipo utilizado para el izado es de un material adecuado y se encuentra en buen estado.	2		
1.2.7	Se realiza el proceso de sangría alta o baja.	2	Sangría alta.	
1.2.8	El corte de venas y arterias es adecuado (sin afectar tráquea ni esófago, evitando la salida de material de los estómagos)	1	Algunas reses vomitan.	
1.2.9	Los recipientes para la recolección de la sangre son resistentes, limpios, se encuentran en buen estado y son de fácil limpieza.	2	Recipientes plásticos	
1.2.10	El tiempo de sangría es suficiente para un sangrado adecuado.	0	Aunque no se tiene un tiempo preciso para la sangría, este es insuficiente	
1.2.11	La sangre es recogida higiénicamente (evitando la contaminación con otros productos)	0	Algunas veces caen pelos de la res, agua de lavado	
1.2.12	Existe un área destinada para el almacenamiento de los recipientes que contienen sangre	0		
1.2.13	Se adiciona anticoagulante a la sangre recogida	0	No hay ningún tratamiento.	
1.2.14	Existe una canaleta de sangría adecuada (de material resistente, compacto y de fácil limpieza)	0		
	<i>Total sangre</i>	17		61

Continuación Anexo 1.

2	ASPECTOS PORCINOS	VALOR	OBSERVACIÓN	% C
2.1	Sangre			
2.1.1	Se realiza insensibilización del animal.	0		
2.1.2	La técnica de insensibilización es adecuada.	2	Descarga eléctrica	
2.1.3	El dispositivo para la insensibilización se encuentra en buen funcionamiento.	0	El dispositivo no funciona	
2.1.4	Se realiza izado del animal para su posterior sangría y faenado.	2		
2.1.5	El equipo utilizado para el izado es de un material adecuado y se encuentra en buen estado.	2		
2.1.6	Se realiza el proceso de sangría alta o baja.	2	Sangría alta	
2.1.7	El corte de venas y arterias es adecuado (sin afectar tráquea ni esófago, evitando la salida de material de los estómagos)	2		
2.1.8	Los recipientes para la recolección de la sangre son resistentes, limpios, se encuentran en buen estado y son de fácil limpieza.	2		
2.1.9	El tiempo de sangría es suficiente para un sangrado adecuado.	1	Aunque no se tiene un tiempo preciso para la sangría, este es insuficiente.	
2.1.10	La sangre es recogida higiénicamente (evitando la contaminación con otros productos)	0	Algunos pelos del cerdo caen.	
2.1.11	Existe un área destinada para el almacenamiento de los recipientes que contienen sangre.	0		
2.1.12	Se adiciona anticoagulante a la sangre recogida.	0		
2.1.13	Existe una canaleta de sangría adecuada (de material resistente, compacto y de fácil limpieza)	2		
	Total sangre	15		58
CALIFICACIÓN: Cumple completamente: 2; Cumple parcialmente: 1 ; No cumple: 0 ; No aplica: NA ; No Observado: NO.				

Fuente: López Fabián, Ramírez Emilsen

Anexo 2 . Acta de Inspección sanitaria a mataderos. INVIMA

MINISTERIO DE SALUD INVIMA INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS			
Ciudad y Fecha: Popayán, Agosto 1 de 2008			
IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO:			
Razón social: matadero municipal Dirección: Carrera 3 # 14 – 98 barrio Las Ferias Teléfono: 8318443 Fax: 8222870 Representante legal: Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Cauca Capacidad instalada: clase III Tipo de propiedad: Oficial No. de bovinos sacrificados por día: 75 bovinos por día No. de porcinos sacrificados por día: 15 porcinos por día Horario de sacrificio: lunes a sábado 2 a 7 pm Objetivo de la visita: Inspección Practicó la visita: Jahen Hoyos, estudiante Ingeniería Ambiental, Universidad del Cauca Atendió la visita por parte de la empresa: Leandro Cañola			
	Aspectos a verificar	Puntaje	Observaciones
1.	INSTALACIONES FÍSICAS Y SANITARIAS		
1.1.	El matadero cuenta con cerco perimetral contra el libre acceso de animales o personas.	2	
1.2.	Las vías de acceso se encuentran en buen estado.	1	Se encuentra sin pavimentar.
1.3.	El matadero cuenta con una zona de lavado de vehículos a la entrada de las instalaciones, bien diseñadas (con desagües, profundidad y extensión adecuada) y con una concentración conocida y adecuada de desinfectante en donde lo requiera.	NA	Matadero Clase III
1.4.	El matadero cuenta con un patio de maniobras adecuado	2	
1.5.	Todas las ventanas, puertas y claraboyas están debidamente protegidas para evitar la entrada de polvo, lluvia y fauna nociva	1	Vidrios averiados
1.6.	Las paredes, ventanas, techos, puertas y pisos se encuentran en buen estado (sin grietas, perforaciones o roturas).	1	Pisos, paredes en mal estado, con grietas
1.7.	Los acabados de paredes, pisos y techos dentro de las áreas de operación y almacenes son tales, que facilitan su saneamiento.	1	Ángulos rectos en las uniones, acabados con grietas.
1.8.	Los materiales de la construcción expuestos al exterior son resistentes al medio ambiente, al uso normal y a prueba de roedores.	1	ver 1.5

Continuación Anexo 2

1.9.	Existe evidencia de basuras, polvo, agua estancada y objetos en desuso alrededor o dentro del establecimiento.	2	
1.10	Los pisos, rampas, pasillos y escaleras son de materiales antideslizantes, cuentan con el ángulo apropiado para que el agua de lavado llegue sin dificultad a las canales de desagüe.	1	Nivel del piso inadecuado, no hay drenajes suficientes en el algunas áreas como sangría de ganado mayor.
1.11	Las instalaciones en el área de proceso y almacenamiento se encuentran limpias y en buen estado.	2	
1.12	Existe clara separación física entre las áreas de oficina, recepción, almacenes, producción, distribución, servicios sanitarios, etc.	2	
1.13	Las instalaciones para la producción se encuentran separadas de focos de contaminación.	1	Contaminación cruzada en zona de bovinos y área de porcinos. (Contenido ruminal).
1.14	El matadero cuenta con desembarcaderos adecuados, bien ubicados y en cantidad suficiente.	0	Los desembarcaderos son los de la plaza de Ferias.
1.15	El matadero cuenta con corrales bien ubicados, en cantidad suficiente, separados por zonas y en perfecto estado de funcionamiento (compuertas, drenajes y bebederos).	1	Los corrales se encuentran en la plaza de Ferias, las instalaciones de los corrales son viejas por lo tanto están deterioradas
1.16	Existe una manga de conducción adecuada para el movimiento y desplazamiento de los animales.	1	Canal de conducción abierto, pisos deteriorados.
11.17	Existe un lugar o instalación destinado exclusivamente para el pesaje de los animales.	2	
11.18	Las duchas de los corrales están ubicadas y en funcionamiento de tal forma que permitan el baño uniforme de los animales.	N.A	Matadero Clase II
2.	OPERACIONES DE SACRIFICIO		
2.1.	El proceso de sacrificio de los animales se realiza en óptimas condiciones técnicas y sanitarias que garantizan la calidad de la canal.	2	
2.2.	Las operaciones de sacrificio se realizan en forma secuencial y continua de manera que no se producen retrasos indebidos que permitan la contaminación	2	
2.3.	Los procedimientos mecánicos del sacrificio (pelar, cortar, lavar y escaldar) se realizan de manera que se protege el producto de la contaminación.	2	

Continuación Anexo 2

3.	SALAS		
3.1.	El matadero cuenta con las diferentes áreas y salas requeridas para el proceso, teniendo en cuenta su clasificación.	2	
3.2.	Las áreas y salas de proceso se encuentran alejadas de focos de contaminación.	1	Ver 1.13
3.3.	Las paredes, pisos, techos y pintura son de material sanitario, resistente y se encuentran limpios y en buen estado.	1	Ver 1.6
3.4.	Existe clara separación física entre las áreas de sacrificio, salas de vísceras blancas, sala de vísceras rojas, sala de cabezas, sala de patas, sala de pieles y sala de oreo.	2	
3.5.	Las paredes, pisos y techos son de material resistente, adecuado y se encuentran limpios y en buen estado.	1	Ver 1.6
3.6.	La unión entre paredes pisos y techos está diseñada de tal manera que evita la acumulación de polvo y suciedad.	1	Ver 1.7
3.7.	Los pisos tienen la inclinación adecuada para efectos de drenaje.	1	No tienen inclinación adecuada
3.8.	El sistema de canaletas y desagües para la conducción y recolección de las aguas residuales de las áreas de procesos, cuentan con la capacidad y pendientes adecuadas para permitir una salida rápida de las aguas del matadero y cuentan con sus respectivas rejillas.	1	Ver 1.10 Sangría de ganado mayor.
3.9	Existen lavamanos no accionados manualmente, dotados con jabón líquido y soluciones desinfectantes ubicados en las salas y áreas de proceso o cerca de éstas.	1	Son accionados manualmente.
3.10	Las salas se encuentran con adecuada iluminación en cantidad e intensidad suficiente (natural o artificial)	2	
3.11	Las lámparas y accesorios son de seguridad, están protegidas para evitar la contaminación en caso de ruptura, están en buen estado y limpias.	1	1 lámpara sin protección
3.12	Canaleta de sangría se encuentra construido en material adecuado, longitud y el área es adecuada para el proceso	1	Capacidad insuficiente.
3.13	Las salas del proceso cuentan con el diseño y la instalación de los equipos requeridos para el proceso adecuado.	2	
4.	EQUIPOS Y UTENSILIOS		
4.1.	El matadero cuenta con los equipos mínimos requeridos para el sacrificio y el faenado.	2	
4.2.	Los equipos y utensilios se encuentran limpios y en buen estado de funcionamiento.	2	
4.3.	El diseño, la instalación, y la ubicación de los equipos permite la secuencia lógica del sacrificio y faenado evitando la contaminación cruzada.	1	Ver 1.13

Continuación Anexo 2.

4.4..	El diseño, la instalación y la ubicación de los equipos es tal que se facilita la limpieza y el saneamiento de ellos como espacio físico que los circunda.	1	Área de porcinos espacio limitado
4.5.	Los equipos y utensilios que se emplean en el sacrificio y faenado están libres de sustancias tóxicas, son de material inoxidable de fácil aseo y no alteran el producto	2	
4.6.	No hay evidencia de agentes contaminantes en las canales por inapropiados procedimientos de mantenimiento y servicios a los equipos y plantas (lubricantes, soldaduras, pintura, etc.)	2	
4.7.	Los tornillos, remaches, tuercas o clavijas de los equipos están asegurados para prevenir que caigan sobre las canales y/o los equipos de proceso.	2	
4.8.	Los recipientes, anaqueles y ganchos en contacto con las canales y vísceras están fabricados con materiales inertes, no tóxicos, resistentes a la corrosión, no recubiertos con pinturas o materiales desprendibles y son fáciles de limpiar y desinfectar.	1	Óxido en algunos elementos como ganchos en área de vísceras blancas.
4.10	Cuentan con manuales de procedimiento escritos para el servicio y el mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones.	2	
5.	ALMACENAMIENTO		
5.1.	El almacenamiento de la carne se realiza en condiciones adecuadas (temperatura, humedad, circulación de aire, libre de fuentes de contaminación, ausencia de plagas, etc.)	N.A	
5.2.	Las áreas y cuartos de almacenamiento de canales están claramente separadas de las demás áreas.	N.A	
5.3.	El almacenamiento de la carne se realiza ordenadamente, colgada de forma adecuada, separada del piso, los techos y las paredes.	N.A	
5.4.	Los anaqueles y ganchos empleados para el colgado de las canales son fabricados en materiales que facilitan su aseo, están en buenas condiciones y limpias.	N.A	
5.5.	Las áreas y cuartos de almacenamiento de canales cuenta con un sistema de pesaje (Matadero clase I Y II).	N.A	
5.6.	Los cuartos fríos están equipados con termómetros de fácil lectura desde el exterior, con el sensor ubicado de forma tal que indique la temperatura promedio del cuarto y se registra dicha temperatura.	N.A	
5.7.	Los cuartos fríos están contruidos de materiales resistentes, fáciles de limpiar, impermeables se encuentran en buen estado y no presentan condensación.	N.A	
6.	PERSONAL MANIPULADOR		
6.1.	Todos los empleados que manipulan la carne llevan uniforme adecuado de color claro y limpio, calzado cerrado de material resistente e impermeable.	2	

Continuación Anexo 2.

6.2.	Las manos se encuentran limpias, sin joyas, uñas cortas y sin esmalte	2	
6.3.	Los guantes están en perfecto estado, limpios y desinfectados	N.O	
6.4.	Los empleados que están en contacto directo con la carne no presentan afecciones en la piel o enfermedades infectocontagiosas	N.O	
6.5.	El personal que manipula la carne utiliza mallas o cascos para recubrir el cabello, tapabocas y protectores de barba de forma adecuada y permanente.	2	
6.6.	Los manipuladores evitan prácticas antihigiénicas tales como comer, fumar, toser, escupir o rascarse, etc.	N.O	
6.7.	Los manipuladores se lavan y desinfectan las manos hasta el codo cada vez que sea necesario.	N.O	
6.8.	Los manipuladores no salen con el uniforme fuera del matadero, ni se observan sentados en el pasto o los andenes o en sitios en donde se pueda contaminar la ropa de trabajo.	1	Se encuentran sentados en el pasto, y andenes del matadero.
6.9.	Los visitantes cumplen con las normas de higiene y protección (uniformes, gorro, prácticas de higiene, etc.)	2	
7	INSPECCIÓN SANITARIA		
7.1.	El matadero cuenta con la presencia permanente de un médico veterinario	2	
7.2.	El matadero cuenta con la presencia de un médico veterinario inspector	2	
7.3.	Se realiza examen de inspección ante mortem a todos los animales que vayan a ser beneficiados para consumo humano.	2	
7.4.	Los decomisos del matadero se almacenan en un área exclusiva para este fin y se llenan registros de cantidad decomisada y se determina el destino final.	1	Recipientes sin rotular,
7.5.	Se realiza examen de inspección postmortem a todas las canales que vayan a salir del matadero para fines de consumo humano.	2	
7.6.	Se cuenta con la infraestructura y la dotación necesaria para realizar la inspección ante mortem.	2	
7.7.	Se cuenta con la infraestructura y la dotación necesaria para realizar la inspección postmortem	2	
7.8.	El matadero cuenta con un matadero sanitario bien ubicado, dotado de los equipos necesarios para el sacrificio y faenado y está en perfecto estado de mantenimiento (Clase I y II).	N.A	
8	INSTALACIONES SANITARIAS		
8.1.	El matadero cuenta con servicios sanitarios bien ubicados, en cantidad suficiente, separados por sexo y en perfecto estado de funcionamiento (lavamanos, sanitarios y duchas).	2	

Continuación Anexo 2.

8.2.	Los servicios sanitarios están separados de las áreas de producción, servicios, laboratorios y almacenes	2	
8.3.	Los servicios sanitarios cuentan con los elementos para la higiene personal (jabón líquido, toallas desechables o secador eléctrico etc.)	2	
8.4.	Cuenta con letreros alusivos que recuerdan al personal que debe lavarse las manos después de utilizar el baño	2	
8.5.	Existen vestieres en número suficiente, separados por sexo, ventilados, en buen estado y alejados de las áreas de proceso	NO	
8.6.	Cuenta con instalaciones y equipos apropiados para el lavado y desinfección de las manos del personal, de los utensilios y de los equipos y están ubicados cerca de las áreas más importantes del proceso	2	
8.8.	Existe un sitio adecuado e higiénico para el descanso y consumo de alimentos por parte de los empleados (área social)	0	
9	CONDICIONES DE SANEAMIENTO		
9.1.	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		
9.1.1.	El manejo de los residuos sólidos dentro del matadero no representa riesgo de contaminación para los productos ni para las superficies en contacto con estos.	2	
9.1.2.	Hay presencia de coladeras y canaletas cubiertas con rejillas, ductos, tuberías, registros y trampas de grasa, limpias y en buen estado.	2	
9.1.3.	Las trampas de grasa están bien ubicadas y diseñadas de tal forma que permita su limpieza.	2	
9.1.4.	Existe una zona destinada exclusivamente para la recolección de desechos sólidos.	1	La planta, cuenta con un remolque estercolero, que recolecta el rumen generado al interior de la planta de sacrificio el cual presenta lixiviaciones que caen directamente al suelo, produciendo malos olores y proliferación de vectores.
9.2.5.	Existen suficientes, bien ubicados e identificados recipientes para la recolección de los desechos sólidos ordinarios.	2	
9.3.	MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS LÍQUIDOS		
9.3.1.	El manejo de los residuos líquidos dentro del matadero no representa riesgo de contaminación para los productos ni para las superficies en contacto con estos.	1	

Continuación Anexo 2.

9.3.2.	El matadero cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales adecuado y se encuentra separado de las áreas de producción.	2	
10.	LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN		
10.1.	Cuenta con los procedimientos escritos específicos para la limpieza y desinfección de equipos, matadero, corrales, cuartos fríos, patios y demás.	2	
10.2.	Poseen productos, materiales y equipos para efectuar los procedimientos (mangueras, equipos de presión, escobas, detergentes, desinfectantes, cubetas, etc.)	2	
10.3	Se tiene claramente definidos los productos utilizados, concentraciones modo de preparación, empleo y rotación de los mismos.	2	
10.4	Cuenta con procedimientos escritos para el control de plagas y se llevan registros de su ejecución	2	
10.5	Existen dispositivos preventivos en buenas condiciones y localizados adecuadamente para el control de insectos y roedores (rejillas, aneos, trampas, cebos).	2	
10.6	Los productos utilizados se encuentran rotulados y se almacenan en un sitio alejado, protegido y bajo llave.	2	
10.7	No se evidencia la presencia o daños de insectos y/o roedores	N.0	
10.8	No hay evidencia de la presencia de animales domésticos	2	
11.	TRANSPORTE		
11.1.	Los furgones de los vehículos que transportan materias primas y productos para consumo, se encuentran limpios, ordenados, secos y en buen estado general.	1	Se encuentran deteriorados
11.2.	Los materiales en que están revestidos los furgones de los vehículos son resistentes a la corrosión, lisos, impermeables, no tóxicos y de fácil limpieza.	1	Ver 11.1
11.3.	Los vehículos destinados al transporte de canales y vísceras cuentan con un sistema de refrigeración (menor a 6°C) según corresponda y con las instalaciones adecuadas para evitar la contaminación o alteración de los productos que transportan.	N.A	
11.5.	Los vehículos que se emplean para el transporte de las canales y vísceras no se utilizan para transportar fertilizantes, plaguicidas, sustancias tóxicas ni radiactivas	N.O	
11.7.	Los vehículos destinados para el transporte de las canales, vísceras, y demás partes de los animales sacrificados se identificaran con el aviso de transporte de carne.	1	No todos tiene avisos
12.	EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN		
12.1	Existe un programa escrito de capacitación en educación sanitaria	2	
12.2	Existen programas y actividades de capacitación y manipulación higiénica de la carne para personal.	2	

Continuación Anexo 2.

12.3.	Conocen los manipuladores y operarios las prácticas higiénicas	2	
12.4.	Son apropiados los letreros alusivos a la necesidad de lavarse las manos después de ir a al baño o en cualquier cambio de actividad.	2	
12.5.	Son adecuados los avisos alusivos a prácticas higiénicas, medidas de seguridad, ubicación de extintores etc.	2	
13	SALUD OCUPACIONAL		
13.1.	Los funcionarios están dotados y usan los elementos de protección personal requeridos (gafas, cascos, guantes de acero, abrigos y botas).	1	No se encontró completo el día de la visita.
13.2	El matadero dispone de un botiquín dotado de los elementos mínimos requeridos	2	
13.3.	Existen equipos e implementos de seguridad en funcionamiento y bien ubicados (extintores, camillas, etc.)	2	
CALIFICACIÓN: Cumple completamente: 2; Cumple parcialmente: 1 ; No cumple: 0 ; No aplica: NA ; No Observado: NO.			
Fuente: Secretaria de Salud Municipal de Popayán			