

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LODOS DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA “COMESTIBLES LA ROSA”
COMO ALTERNATIVA PARA LA GENERACIÓN DE BIOSÓLIDOS**

MARIANA TREJOS VÉLEZ
NATALIA AGUDELO CARDONA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
JUNIO DE 2012
PEREIRA

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LODOS DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA “COMESTIBLES LA ROSA”
COMO ALTERNATIVA PARA LA GENERACIÓN DE BIOSÓLIDOS**

MARIANA TREJOS VÉLEZ
NATALIA AGUDELO CARDONA

Proyecto de Grado para optar al título de Administrador Ambiental

Director
DIEGO PAREDES CUERVO
Ingeniero Sanitario. Magister en Manejo de Recursos del Agua y del Medio Ambiente.
Ph.D. en Ingeniería.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
JUNIO DE 2012
PEREIRA

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedicamos a nuestras familias, quienes nos han apoyado incondicionalmente.

A la sociedad como un aporte en la construcción de un mejor planeta y un compromiso con la preservación de un medio ambiente sano.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarnos vida para vivir esta experiencia, a nuestras familias por aportarle al desarrollo personal y profesional, a la Ingeniera Ambiental Carolina Castrillón, por compartirnos sus conocimientos, por su gran apoyo, compromiso y dedicación, todo lo cual le aportó al aprendizaje personal.

A la empresa Comestibles La Rosa, por permitirnos desarrollar un proyecto que aporta un manejo adecuado de Residuos Sólidos Orgánicos.

A nuestros profesores(as), en especial a Darwin Hernández Sepúlveda por su constante apoyo de forma incondicional para nuestro crecimiento y formación ética y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO REFERENCIAL	18
4.1 LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	18
4.2 PRODUCCIÓN DE LODOS EN PTAR	18
4.3 TRATAMIENTO DE LODOS EN LAS PTAR	19
4.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS EN LA FÁBRICA DE COMESTIBLES LA ROSA	23
4.5 LA LOMBRIZ	25
4.5.1 HISTORIA	25
4.5.2 LOMBRICULTURA	26
4.5.3 CONDICIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE UN LOMBRICULTIVO	27
4.5.4 LA LOMBRICULTURA Y LAS PTAR	27
4.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	28
4.6.1 LOCALIZACIÓN	28
4.6.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
5. METODOLOGÍA	
5.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	30
5.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO UNO	31
5.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO DOS	32
5.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO TRES	33
5.2 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN	34
5.2.1 INSTALACIÓN DEL LOMBRICULTIVO	34
6. DESARROLLO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO	38
6.1 BIOPARÁMETROS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO	38
6.1.1 REVISIÓN DIARIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	38
6.1.2 CONTROL DEL PH	39
6.1.3 CONTROL DE TEMPERATURA	39

6.1.4	OXIGENACIÓN Y VOLTEO	40
6.1.5	ALIMENTACIÓN	40
6.1.6	RIEGO	40
6.1.7	EXTRACCIÓN DE LA LOMBRIZ	42
6.1.8	COSECHA	42
6.1.9	PROCESAMIENTO FINAL DEL ABONO	43
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
7.1	CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS	45
7.2	DEFINICIÓN DE LA RECETA	46
7.3	RESULTADOS DEL PH	46
7.4	RESULTADO DE CONTROL DE TEMPERATURA	47
7.5	ANÁLISIS DEL ABONO	48
7.6	ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN	49
7.6.1	UBICACIÓN DEL MONTAJE DEFINITIVO	50
7.6.2	DISEÑO DEL MONTAJE DEFINITIVO	50
7.6.3	REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA	52
7.6.4	DIMENSIÓN DE LAS CAMAS	54
7.6.5	MANEJO OPERATIVO DEL LOMBRICULTIVO	55
7.7	ANÁLISIS DEL COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO	56
7.7.1	COSTO DEL PROYECTO	60
7.7.2	BENEFICIOS DEL PROYECTO	63
7.8	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	66
7.8.1	INDICADORES DE RENTABILIDAD	66
8.	CONCLUSIONES	69
9.	RECOMENDACIONES	
10.	GLOSARIO	72
11.	BIBLIOGRAFÍA	75
12.	ANEXOS	78
12.1	ANEXO 1: CARACTERIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES PARA LA EMPRESA COMESTIBLES LA ROSA	
12.2	ANEXO 2: INFORME DE LABORATORIO AGRILAB PARA ABONOS ORGÁNICOS	91
12.3	ANEXO 3: GESTIÓN AMBIENTAL SECTORIAL CÓDIGO FO-18R-13 REGULACIÓN Y CONTROL DE LA DEMANDA AMBIENTAL RESOLUCIÓN DE CONCESIÓN DE AGUAS Y PERMISO DE VERTIMIENTO O DE INFILTRACIÓN	94

LISTADO DE TABLAS

	Pag.	
Tabla No. 1	Manejo de lodos residuales en diferentes países	20
Tabla No. 2	Ventajas y desventajas de los sistemas de lodos activados	24
Tabla No. 3	Actividades, información recolectada y métodos de análisis empleados para desarrollar el objetivo específico número uno.	33
Tabla No. 4	Actividades, información recolectada y métodos de análisis empleados para desarrollar el objetivo específico número dos.	34
Tabla No. 5	Actividades, información recolectada y métodos de análisis empleados para desarrollar el objetivo específico número 3	35
Tabla No. 6	Distribución de pesos de lodo y alimento en montaje experimental para definir receta alimenticia.	37
Tabla No. 7	Distribución de tareas y tiempos para seguimiento del segundo ensayo experimental.	42
Tabla No. 8	Comparación del análisis del abono con los parámetros de la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004.	51
Tabla No. 9	Cantidad de lodo generado mensualmente y número de viajes a disponer en el relleno sanitario.	54
Tabla No. 10	Cantidad de pastos generados mensualmente y número de fletes a disponer en el Relleno sanitario.	55
Tabla No. 11	Cantidades de generación de lodos para capacidad de infraestructura.	62
Tabla No. 12	Costos de dotación y salario de un empleado para la manutención del lombricultivo.	63
Tabla No. 13	Producción de abono y precios para la comercialización con el máximo de lodo generado.	63
Tabla No. 14	Producción de abono, y precios para la comercialización con el mínimo de lodo generado.	63
Tabla No. 15	Costos por la compra de costales	63
Tabla No. 16	Costos de inversión para montaje definitivo.	64
Tabla No. 17	Costos de operación del montaje definitivo.	64
Tabla No. 18	Gastos actuales por la disposición de lodos y pastos en el Relleno Sanitario La Glorita.	64

LISTADO DE FOTOS

	Pag.	
Foto No. 1	Localización del área de estudio	3
Foto No. 2	Segundo montaje experimental	37
Foto No. 3	Alimento seleccionado (pastos y lodos)	38
Foto No. 4	Control de pH para el lombricultivo	43
Foto No. 5	Oxigenación y volteo para el lombricultivo	43
Foto No. 6	Extracción manual de la lombriz	44
Foto No. 7	Estado inicial del lodo	45
Foto No. 8	Desterronamiento y tamizado del abono	45
Foto No. 9	Esparcimiento del lodo para restar humedad	46
Foto No. 10	Producto final del abono	47
Foto No. 11	Producto final de la composta	59
Foto No. 12	Visita de la institución educativa “Fabio Vásquez”	65
Foto No. 13	Actividad recreativa con los niños de la institución “Fabio Vásquez”	65

LISTADO DE GRÁFICOS

	Pag.	
Gráfico No. 1	Control de pH	47
Gráfico No. 2	Control de Temperatura	48
Gráfico No. 3	Comportamiento y generación mensual de lodos	53
Gráfico No. 4	Comportamiento y generación mensual de pastos.	54

LISTADO DE FIGURA

	Pag.	
Figura No.1	Construcción del segundo montaje experimental	37
Figura No.2	Ubicación del montaje definitivo	50
Figura No.3	Montaje definitivo para el aprovechamiento de lodos	51
Figura No.4	Dimensiones para la construcción de las camas del montaje definitivo	55
Figura No.5	Ubicación del Relleno Sanitario “la Glorita”	64

LISTADO DE DIAGRAMAS

	Pag.	
Diagrama No. 1	Rotación de camas según los lodos generados mensualmente durante el año.	55
Diagrama No. 2	Asignación de camas según los meses del año	56
Diagrama No. 3	Flujo de costos y beneficios del proyecto	66
Diagrama No. 4	Estrategias de producción más limpia (EPML)	68

RESUMEN

Los procesos productivos que se realizan en la Empresa Comestibles “la Rosa” dan como resultado la producción de lodos residuales que son recolectados y posteriormente transportados hasta el relleno sanitario La Glorita ubicado en el corregimiento de Combia Baja, a 14 kilómetros del casco urbano de la ciudad de Pereira.

En el presente trabajo se hace un análisis de los lodos provenientes de la planta de tratamientos residuales para encontrar, a partir de los resultados, estrategias que permitan darles un manejo ecológico a la vez que se beneficia económicamente a la empresa no solo por la disminución de costos sino también por la agregación de valor a los residuos derivada de su transformación en abono orgánico por medio de un proceso de lombricultura.

Para la elaboración del proyecto se contó con la decidida participación de la empresa Comestibles La Rosa y con el apoyo tecnológico de los laboratorios Doctor Calderón Labs, Análisis Ambiental Ltda. y Agrolab. Los análisis de laboratorio mostraron que los lodos residuales tienen las condiciones necesarias y adecuadas para servir de sustrato para alimentar un cultivo de lombrices. Éstas, a su vez, participan en la transformación de los lodos en abono orgánico de excelente calidad que puede ser comercializado en diferentes empresas del sector agrícola.

El manejo de un lombricultivo es relativamente sencillo, como se muestra en la fundamentación teórica del proyecto. La sencillez está relacionada de manera indirecta con la cantidad de beneficios que se obtienen ya que éstos pasan por lo social ambiental y por lo económico sin tener efecto negativo alguno. Además, el espacio disponible requerido así como los cuidados, son mínimos.

Los resultados del trabajo permitieron concluir, entre otras cosas que: la caracterización de la composición de los lodos residuales generados en el sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Comestibles “La Rosa” en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas arroja resultados positivos para la utilización del material como enmienda de suelos, por no contener ningún tipo de residuo peligroso que pueda llegar a afectar la salud humana o a alterar las propiedades físicas de los suelos; el uso de lodos residuales para la generación de un biosólido como enmienda de suelos cumple con el decreto 4741 de 2005, el cual reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos y lo estipulado en la Norma técnica Colombiana NTC 5167 de 2004 la cual ejerce control para los productos orgánicos usados como abonos y/o fertilizantes de enmiendas de suelos exigiendo límites permisibles de metales pesados y componentes químicos que

puedan llegar a tener efectos indeseables sobre la salud y el medio ambiente; el comportamiento de las condiciones evaluadas, como temperatura, humedad, pH y oxigenación que se dan en las diferentes fases del proceso muestran que el compostaje de lodos es una opción efectiva para contribuir a la regeneración de suelos por su aplicación como enmienda y prevenir la contaminación de los suelos como una alternativa ante los fertilizantes químicos.

ABSTRACT

The production processes taking place in the food Company "La Rosa" as result in the production of sludge that is collected and then transported to the Landfill La Glorita, located in the village of Combia Baja, 14 kilometers from the town of Pereira.

In this paper an analysis of the sludge from the wastewater treatment plant to find, from the results, strategies for ecological management of them while the company financially benefits not only by lower costs but also by adding value to the residue resulting from its transformation into organic fertilizer through vermiculture process.

To prepare the project had the wholehearted participation of the company Edible La Rosa and technology support labs Calderon Doctor Labs, Ltd. and AGROLAB Environmental Analysis. Laboratory tests showed that the sludge are necessary and appropriate conditions to serve as a substrate to fuel a culture of worms. These, in turn, involved in the processing of sludge in high quality organic fertilizer that can be marketed in different companies in the agricultural sector.

Managing a lombricultivo is relatively simple, as shown in the theoretical foundation of the project. Simplicity is indirectly related to the amount of benefits obtained and it moves in the social and economic environment without having any negative effect. In addition, the space available and the care required are minimal.

The work results allowed to conclude, among other things: the characterization of the composition of the sludge generated in the system of Wastewater Treatment Grocery Company "The Rose" in their physical, chemical and microbiological yields positive results for the use of the material as a soil amendment, not contain any hazardous waste that can potentially affect human health or alter the physical properties of soils, use of sewage sludge for the generation of biosolids as a soil amendment complies with Decree 4741 of 2005, which regulates the prevention and management of waste or hazardous waste and the provisions of the Technical Standard NTC 5167 of 2004, which exercises control for organic products used as fertilizers and / or fertilizer amendments soils requiring permissible limits of heavy metals and chemicals that may come to have undesirable effects on health and the environment, the behavior of the evaluated conditions such as temperature, humidity, pH and oxygenation that occur at different stages of the process shown composting of sludge is an effective option to contribute to the regeneration of soils as an amendment application and prevent pollution of soils as an alternative to chemical fertilizers.

INTRODUCCIÓN

Como resultado del tratamiento de las aguas residuales, tanto industriales como domésticas en la empresa Comestibles “La Rosa S.A”, se generan lodos que por sus características tienen potencial de aprovechamiento. Actualmente estos lodos son depositados en lechos de secado y deshidratados durante un periodo de ocho a diez días, seguido de este proceso son recolectados en bolsas de papel kraft y trasladados al relleno Sanitario “La Glorita” de la ciudad de Pereira, allí son dispuestos perdiendo de esta manera el potencial de aprovechamiento.

Debido al interés de la empresa comestibles “La Rosa S.A” de dar un manejo integral a los residuos resultantes del tratamiento de aguas industriales y domésticas, surge la necesidad de estructurar una propuesta que sirva a la empresa para evaluar alternativas en la búsqueda de beneficios ambientales y económicos frente a los lodos generados, fundamentado en su potencial de aprovechamiento dado el proceso biológico que los origina (lodos activados). Mediante un proceso de caracterización biológica, física y química ejecutado por un laboratorio especializado y certificado en realizar pruebas CRETIB (corrosión, reactividad, explosividad, toxicidad e inflamabilidad) se descarta la presencia de contaminantes que puedan llegar a afectar el suelo y la salud humana, guiados por el decreto 4741 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de (2005) por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la Gestión Integral.¹

La caracterización del producto da paso a la estabilización del lodo por medio de la deshidratación en lechos de secado, en un periodo de tiempo entre 5 y 8 días, en el cual se procede a llevar el lodo deshidratado a camas experimentales de lombricultivos expuestas a diferentes recetas alimenticias por los residuos de mayor generación de la Empresa Comestibles La Rosa.

Para la realización del proyecto se ha contado con el apoyo de la Empresa Comestibles La Rosa, con la participación del Laboratorio Dr. Calderón Labs, encargado del análisis de suelos. Además, se han consultado diferentes autores que han escrito sobre el tema de aprovechamiento de residuos, manejo de suelos y lombricultivos, entre otros.

¹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2005).Decreto 4741. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en el marco de la gestión integral.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La dinámica productiva de transformación de materias primas, que ocurre en diferentes empresas que proveen productos y servicios, trae como consecuencia la existencia de materiales de desecho que tradicionalmente han sido destinados a ser desperdiciados, en ocasiones dándoles un manejo adecuado para su disposición final y, en otros casos, haciendo un manejo inapropiado que ocasiona problemas sociales asociados a enfermedades, contaminación, existencia de basuras, entre otros.

De manera particular se ha analizado la situación de la empresa Comestibles La Rosa S.A., encargada de producir alimentos, sus procesos productivos dejan como resultado una alta producción de lodos residuales que deben ser sacados de la empresa para ser llevados hasta el relleno La Glorita ocasionando altos costos en el transporte. Se encuentra en esta situación un problema de manejo asociado al hecho de que se desperdicia su potencial de aprovechamiento y se dispone solo como un residuo, aumentando la cantidad de residuos a disponer en los rellenos sanitarios.

En consecuencia se plantea una pregunta de investigación que contiene un doble componente ¿Cuáles son las estrategias que permiten el aprovechamiento de los lodos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Comestibles La rosa, en la recuperación de suelos y en la disminución de costos generados por el transporte de dichos lodos hasta el sitio de disposición de residuos?.

De esta manera el problema se establece en dos direcciones: de un lado buscar alternativa para el aprovechamiento de los lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de la empresa y de otro disminuir los costos ocasionados por el transporte de dichos residuos.

1. JUSTIFICACIÓN

Debido a la crisis ambiental que enfrentan actualmente Colombia y el mundo, es de gran importancia ir en la búsqueda de alternativas para el tratamiento y disposición final de los lodos generados por las Plantas de tratamiento de Aguas Residuales. El problema del manejo se asocia cuando se desperdicia su potencial de aprovechamiento y se dispone solo como un residuo, aumentando la cantidad de residuos a disponer en los rellenos sanitarios. Es por esta razón que se justifica buscar tratamientos adecuados que permitan la utilización racional de dichos residuos. Una buena gestión de los lodos es fundamental para el funcionamiento de cualquier instalación de depuración de aguas. (Rich, 1982; Cazorra, 1994; Sastre, 1995; David, 1994). Citados por López et Al².

Como parte de la mejora continua, la empresa Comestibles “La Rosa S.A” ubicada en el área industrial del Área Metropolitana del Centro Occidente, en el municipio de Dosquebradas, proyecta aplicar sus principios ambientales corporativos al utilizar procesos de producción más limpia por medio del aprovechamiento de los lodos residuales resultado de los procesos que se realizan en su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Procesos que se enmarcan en una estrategia integrada y preventiva. Lo anterior con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente. Como beneficio operativo se produce la optimización del sistema, haciéndolo más eficiente teniendo en cuenta la reducción de uno de los residuos más significativos; desde el punto de vista económico se dará la reducción de costos por la disposición de los lodos y la generación de un ingreso potencial adicional por la venta del biosólido obtenido. Frente al desempeño ambiental de la empresa, la minimización de la generación de residuos y su aprovechamiento, como principios de la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos se ven materializados a partir del desarrollo del presente trabajo.³

El compost es el producto final de la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos del suelo y se constituye en un excelente fertilizante orgánico, de igual manera el empleo de la lombriz de tierra para la transformación de los residuos orgánicos en biosólidos es una práctica que permite intensificar la vida del suelo, pueden ser utilizados para enmiendas o abonos en cultivos intensivos y extensivos; a nivel forestal como abonos en plantaciones forestales, viveros o en áreas con bosques naturales degradados y sujetos a recuperación; en la recuperación de suelos

² LÓPEZ, Manuel, LAVIN Antonio y SASTRE Herminio. Biosólidos generados en la producción de aguas.

³ Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005

degradados en regiones sujetas a procesos de desertificación derivados de causas naturales o antrópicas; para la recuperación de paisaje en áreas que fueron sometidas a extracción minera o en aquellas sujetas a pérdidas de suelos superficiales debido a obras de infraestructura; como insumos en procesos de elaboración de productos fertilizantes, para recuperación de energía, entre otros. Se han llevado estudios en zonas semiáridas que han demostrado que la aplicación de lodos es beneficiosa en cuanto reduce la erosión, aumenta la capacidad productiva así como su retención de agua reduciendo drásticamente la escorrentía (Gallier,1993). Citado por López et al.

Por todo lo anotado se justifica realizar un proyecto que entregue estrategias para el aprovechamiento de los lodos que se producen en Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la empresa de Comestibles La Rosa, enmarcado en beneficios económicos, sociales y ambientales cuyo impacto va más allá del ámbito propio de la empresa y se traslada a las personas y familias de quienes en ella laboran, de igual manera se beneficia la región a través de la posibilidad de mostrar empresas comprometidas con la defensa del medio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el proceso de estabilización de lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa comestibles “La Rosa S.A” por medio de lombricultivo, como una alternativa de aprovechamiento de los residuos, orientado a la sostenibilidad ambiental y económica.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el potencial aprovechable de los lodos, a partir de sus características biológicas, físicas y químicas.
- Seleccionar la alternativa óptima frente a la definición de nutrientes a suministrar a los cultivos, derivados de la transformación de los lodos que se producen en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Establecer las condiciones óptimas de manejo de los lodos generados frente a la alternativa seleccionada, que incluya análisis operativo y de mercado requerido para el producto.

3. MARCO REFERENCIAL

4.1 las plantas de tratamiento de aguas residuales ptar

Las P.T.A.R. son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos, o sea unidades de transformación de la materia orgánica.

Vistas localmente, parecen ser unidades aisladas, cuyo objetivo es de preservar algún cauce de agua, por obligación legal y la presión de la Autoridad Ambiental Regional, pero vistas de manera global representan el principio y el fundamento del sistema digestivo del Mundo, de este gran hormiguero de los seres humanos.

En la industria, una P.T.A.R. es una unidad de control de calidad del proceso productivo, donde por medio del análisis del agua residual (cantidad, calidad), se puede diagnosticar el “estado del paciente”, o sea la eficiencia de la fábrica en un momento determinado, y en particular las pérdidas de materia prima y el gasto de insumos.⁴

4.2 Producción de lodos en ptar

Las diferentes actividades productivas y domésticas producen grandes cantidades de aguas residuales, las cuales contienen una diversidad amplia de contaminantes. Estas aguas deben ser procesadas en las PTAR para su reuso o disposición con una calidad mayor. La calidad se mejora al eliminar los contaminantes. Dichos contaminantes son eliminados en diferentes puntos del proceso en forma de lodos, siendo éstos un concentrado de los compuestos más dañinos que constituyen dichas aguas⁵.

Las aguas residuales presentan cada una ciertas características particulares que van a determinar cuál será el tratamiento más adecuado a aplicar en cada caso. No obstante, las aguas residuales urbanas ofrecen una cierta homogeneidad en cuanto a su composición en elementos contaminantes, por lo que se podrán establecer una serie de esquemas más o menos generales para el tratamiento de las mismas, aunque siempre dichos tratamientos deberán estar adaptados a cada situación en particular.

Por el contrario, en el caso de las aguas residuales industriales las diferencias de unas a otras se hacen aún más patentes que en el caso de otras aguas residuales, ya que los procesos industriales generan una amplia gama de vertidos contaminantes, muy diferentes en cantidad y calidad, que pueden tener orígenes muy diversos: aguas

⁴ CONIL. Philippe. BIOTEC. Congreso Nacional de ACODAL. 2000

⁵ GUZMÁN, Carolina y CAMPOS, Claudia. 2004. Indicadores de contaminación fecal en biosólidos aplicados en agricultura. Universidad Javeriana

usadas como medio de transporte, aguas de lavado y enjuague, transformaciones químicas que usan el agua como disolvente.

En general, entendemos por aguas residuales industriales, aquellas que se generan en cualquier actividad o negocio como consecuencia de utilizar el agua en sus procesos de producción, transformación o manipulación. Se incluyen en esta definición los líquidos residuales, las aguas de proceso y las aguas de refrigeración.⁶

4.3 Tratamiento de lodos en las PTAR

OROPEZA⁷. 2006, en un trabajo titulado “Lodos residuales: estabilización y manejo” hace una descripción de cuatro métodos de manejo de lodos residuales generados en las PTAR. Para ello se basa en experiencias encontradas en Estados Unidos y en Europa. Asegura la autora que: “La tecnología de tratamiento para lodos residuales generados en las PTAR en Estados Unidos y Europa se realiza utilizando alguno de los siguientes cuatro procesos:

- Digestión anaerobia: comprende dos fases, en la primera se forman ácidos volátiles y en la segunda las bacterias anaerobias producen gas metano a partir de dichos ácidos, todo esto en ausencia de oxígeno molecular (O₂).
- Digestión aerobia: proceso de aireación prolongada (dotando al sistema de O₂) para provocar el desarrollo de microorganismos aerobios hasta sobrepasar el periodo de síntesis de las células y llevar a cabo su propia auto-oxidación, reduciendo así el material celular.
- Tratamiento químico: realiza principalmente una acción bactericida, llevando al bloqueo temporal de fermentaciones ácidas. Por su reducido costo y alcalinidad, la cal es el reactivo que más se utiliza.
- Incineración: conduce a la combustión de materias orgánicas de los lodos, y es el proceso con el que se consigue un producto residual de menor masa, las cenizas constituidas únicamente por materias minerales del lodo”.

En general, las líneas de tratamiento de lodos residuales se encuentran enfocadas a dos aspectos fundamentales, que son:

a) Reducción de volumen: pueden obtenerse por un simple espesamiento (con el que la sequedad del producto podrá alcanzar en algunos casos el 10 o muy excepcionalmente, el 20%, sin que, por ello, pueda manejarse con pala), deshidratación por drenaje natural, escurrido mecánico, secado térmico, o también y como continuación de una deshidratación, por una incineración.

⁶ Fuente Internet. <http://prueba2.aguapedia.org>

⁷ OROPEZA, Norma. 2006. Lodos residuales: estabilización y manejo.

b) Reducción del poder de fermentación o estabilización: consiste en reducir su actividad biológica (tendencia a la putrefacción) y su contenido de microorganismos causantes de enfermedades. La estabilización puede obtenerse mediante procesos tales como: digestión anaerobia o aerobia, estabilización química, pasteurización, cocción, etc.

La autora también se refiere a los factores que determinan la elección de un método particular para el manejo de lodos residuales. De igual manera referencia la experiencia de algunos países Al respecto afirma:

La selección de alguno de estos procesos para la estabilización de un lodo en particular depende de varios factores, tales como: la cantidad y calidad de lodos a tratar, las condiciones particulares del sitio y, la situación financiera en cada caso. En muchos países, la utilización del lodo requiere de una infraestructura costosa pero con fines justificados, ya que soluciona problemas de contaminación e incorpora nutrientes reciclando elementos vitales en los ciclos biológicos naturales; además de convertir un residuo peligroso en un recurso aprovechable y no peligroso. Así, la denominada gestión de excelencia destina cada residuo a su tratamiento: reciclaje, composteo, incineración y vertedero.

Como ejemplo, el Plan de Residuos de Holanda⁸, fija objetivos del 30% de reciclaje, 30% de compostaje, 30% de recuperación de energía y el 10% de vertido como residuos no aprovechables.

En Viena, el esquema es de 50% de valorización energética, 29% de reciclaje, 12% de compostaje y 9% a vertedero.

El manejo y uso de lodos en otros países se muestra en la tabla No. 1, referenciada por OROPEZA 2006.

Tabla 1. Manejo de lodos residuales en diferentes países

PAÍS	MANEJO DE LODOS
Europa, Australia, Estados Unidos	Actualmente se realizan investigaciones para utilizar los lodos especialmente tratados, como freno a la contaminación de los acuíferos por productos fitosanitarios y sus impurezas, además servirán para acelerar la descontaminación de suelos que ya estén afectados. También se aplican como fertilizantes en tierras agrícolas.
España	Los residuos de materias orgánicas procedentes de la recolección de residuos separados de origen urbano, así como

⁸ OROPEZA, OP CIT. PAG 19.

	de la industria, aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento pretenden ser utilizados en la agricultura ya que se considera que es el destino más adecuado para este tipo de materias desde el punto de vista ambiental y económico. Se estudia la aplicación de lodos residuales en el control de filtraciones de productos fitosanitarios al acuífero.
Dinamarca	La gran parte de los lodos estabilizados se usan como fertilizante en tierras laborales. El porcentaje de reutilización de los lodos de aguas residuales es de 72%, el 20% se destina a la incineración, y 8% se dispone.
Chile	En 1999 fue aprobado el anteproyecto del “Reglamento para manejo de lodos no peligrosos generados en plantas de tratamiento de aguas” estableciendo que la operación de plantas de tratamiento de agua potable, agua residual urbana y residuos industriales líquidos genera gran cantidad de lodos, los cuales deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada para prevenir impactos negativos en el ambiente.
Argentina	Se han instrumentado plantas de compostaje de lodos residuales, para su posterior aplicación como biosólidos en la agricultura.
México	Recientemente se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final.

RODRÍGUEZ, 2008⁹ describe un sistema de lodos activados mostrando el proceso del mismo y haciendo un análisis de las ventajas y desventajas. Afirma el autor, entre otras cosas, que: los sistemas de lodos activados son sistemas biológicos comúnmente utilizados como tratamientos secundarios en las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto urbanas como industriales, donde una mezcla de agua residual y lodos biológicos es agitada y aireada. Estos sistemas funcionan en base a una suspensión homogénea de microorganismos que biodegradan la materia orgánica del agua residual y las condiciones en las cuales ellos realizan dicha degradación.

Estos sistemas poseen un tanque de aireación y sedimentador secundario; además una característica distintiva de estos sistemas es la recirculación del lodo activo en el fondo del sedimentador secundario hacia el tanque de aireación.

Las ventajas y desventajas de estos sistemas se resumen en la tabla No. 2

⁹ Rodríguez Eder. 2008. Gestión Ambiental para los subproductos derivados de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia y comparación con sistemas similares en San Andrés.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Baja generación de olores molestos	Requiere infraestructura adicional de sedimentación
Permite controlar diferentes calidades del afluente	Mayores costos operativos por el requerimiento de energía para generar oxígeno
Las variables de operación son conocidas y controlables	Se genera un alto volumen de lodos que requieren un adecuado manejo y disposición
Se requieren áreas moderadamente pequeñas	Requiere profesional especializado para operación

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los sistemas de lodos activados

De las opciones disponibles para la disposición final de los lodos tratados, su uso como mejorador de suelos es el más eficiente, dado que este residuo encierra en su composición materia orgánica, macro y micro nutrientes, que hacen que su contribución en el suelo sea de suma importancia en lo que respecta al ahorro de recursos en la compra de fertilizantes, además de proporcionar una mejora en las características físicas, químicas y biológicas del suelo que lo recibe, lo que se traduce en bajos costos de disposición final e impactos positivos al ambiente por el reciclaje de nutrientes en el suelo. En otras palabras, el material resultante del tratamiento de los lodos puede ser empleado en actividades agrícolas, de jardinería, en campos deportivos y en la recuperación de suelos deteriorados, entre otros usos.¹⁰

Sin embargo, el lodo proveniente de las plantas de tratamiento de aguas residuales, encierra en su composición constituyentes de varias fuentes, con propiedades y naturaleza diferentes que producen efectos aún poco conocidos al ambiente donde están siendo dispuestos, principalmente cuando la opción de su destino final se da en el suelo para uso agrícola, campo en el cual posee restricciones debido a las concentraciones de organismos patógenos presentes en el lodo que pueden afectar la salud humana.¹¹

Entre las ventajas del uso de lodos residuales como mejoradores de suelo se encuentran: se aportan al suelo los nutrimentos que el lodo contiene y que son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas; la materia orgánica mejora las condiciones químicas y físicas del suelo tales como estructura, permeabilidad y poder de amortiguamiento.

¹⁰ OLIVEIRA DE SOUZA, Wilson et al. O lodo de Esgoto: uso na agricultura,compostagem, e outros destinos finais. 2000.

¹¹ ROMERO, Jairo. Tratamiento de aguas residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

El compostaje es un proceso biológico exotérmico de conversión de la materia orgánica presente en los residuos hacia formas más estables como el humus, la cual es realizada por microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos que requieren de ciertas condiciones ambientales controladas que faciliten el incremento de la temperatura (usualmente entre 55 - 60 °C) para la destrucción de patógenos (KIELY, 1999)¹². El compostaje de biosólidos garantiza un producto con pH entre 6,5 y 8,0 unidades que favorece el crecimiento de las plantas, reduce la movilidad de metales pesados (EPA, 1999)¹³ y puede ser usado benéficamente como acondicionador de suelos (KUTER et al., 1995)¹⁴.

Los biosólidos generados en PTAR presentan tendencia a la compactación y baja porosidad que ocasionan dificultades durante el proceso de compostaje por una inadecuada aireación, lo que se puede corregir adicionando Materiales de Soporte para mejorar la porosidad y estructura de las pilas de compost y garantizar el ingreso del oxígeno necesario para favorecer las condiciones aerobias del proceso (KUTER et al., 1995).

Los materiales de soporte son variados: vegetales leñosos como residuos de poda de zonas verdes o de jardinería, aserrín, paja, materiales previamente compostados (EPA, 1999), trozos de neumáticos, astillas de pino, viruta de madera y desechos agrícolas. Algunos materiales de soporte actúan también como enmienda, al contribuir al mejoramiento de las características químicas del producto final, como es el caso de la cascarilla de arroz que, además de mejorar la estructura de la pila, aporta potasio (TORRES, 1998)¹⁵.

Los materiales de enmienda son fuente de energía y carbono y suministran nutrientes rápidamente disponibles mejorando y ajustando además el contenido de humedad de la pila (KUTER et al., 1995). Los biosólidos son residuos ricos en nitrógeno con relaciones C/N entre 5,0 y 11,0; los materiales de enmienda, ricos en carbono, permiten ajustar esta relación a los valores recomendados para garantizar la eficiencia del proceso (20 a 30).

Algunos materiales utilizados son: residuos orgánicos municipales, paja, bagazo y cachaza de caña (residuos de la industria del azúcar), materiales minerales como la fosforita, viruta de madera, tallos de maíz, ceniza, pulpa de remolacha (KUTER et al., 1995).

¹² KIELY, G. 1999. Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

¹³ EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1999. Biosolids generation, use, and disposal in the United States. Washington.

¹⁴ KUTER, G. y otros. 1995. Biosolids Composting. Water Environment Federation, Washington.

¹⁵ TORRES, Patricia y otros. 2007. Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

4.4 Sistema de tratamiento de lodos en la fábrica de comestibles la rosa

Para describir el sistema de tratamiento de lodos en la fábrica de Comestibles La Rosa se recurre a la resolución 1437 expedida por la CARDER “Por la cual se renueva una concesión para el uso de aguas subterráneas y el permiso de vertimientos líquidos industriales”. Ver anexo 3.

De acuerdo con el texto de la resolución se destacan los siguientes elementos:

Las aguas residuales del proceso productivo de elaboración de galletas, chocolatería y otros comestibles, son conducidas junto con las aguas residuales domésticas del personal que labora en la empresa (cerca de 600 personas) a una planta de tratamiento de aguas residuales basada en tecnología de lodos activados.

- La PTAR industriales y domésticas, se compone de: una unidad de bombeo, separador de grasa por flotación, reactor biológico de lodos activados de flujo constante, sedimentador secundario con recirculación de biomasa, estructura de salida y vertedero de aforo y entrega a cámara de alcantarillado del municipio de Dosquebradas. Para manejo de los lodos resultantes de los diversos componentes de la PTAR, se cuenta con lechos de secado, provistos de techo y red de fraccionamiento de la torta de lodo, para optimizar el secado.
- El caudal de aguas residuales que ha ingresado a la PTAR en el último año asciende a los 3,0 lps.
- La PTAR ha presentado a lo largo de los años un comportamiento estable con remociones de carga en el último año para la DQO entre 98,0 – 99,8%; DBO5 entre 98,8 – 99,8 %; SST entre 93,5 – 99,1% y Gy A entre 91,7 – 97,1 %.
- Los parámetros de DQO, Dbo5 y SST permanecen por encima del 92% de remoción y llegan hasta el 99%, en algunos casos. Para el parámetro G y A, se observan remociones del 83 y 85% en los meses de marzo y abril, posiblemente por cambios operativos relacionados con el personal.
- Así mismo, puede estabilizarse en corto tiempo, ante la ocurrencia de problemas de operación, dado que la empresa cuenta con personal calificado y capacitado en el proceso de tratamiento que se desarrolla con ésta tecnología.
- La PTAR cuenta con suficiente capacidad (el caudal de diseño es muy superior al trabajado en la actualidad) y excelente desempeño, de acuerdo con datos del usuario y propios. Como mejoras de tipo ambiental para incorporar a la gestión de la empresa, se podía estudiar los temas: reducción de carga en términos de nutrientes y/o contenido bacteriológico; reuso seguro del efluente tratado en labores ajenas a la producción de alimentos, pero requeridas en el establecimiento, o bien usos y aplicación de los lodos obtenidos en la planta.

- A partir del mes de abril de 2008, se separó el alcantarillado de aguas lluvias de la empresa y la planta está recibiendo agua residual industrial y doméstica, con un caudal efluente cercano a los 2,0 lps.; en los meses en que la productividad es baja como lo es el mes de Diciembre se adiciona la la PTAR miel de purga, y barredura de galletas para suplir el déficit de micronutrientes y de esta manera mantener con vida organismos encargados de la degradación de la materia orgánica.

Manejo de lodos en la PTAR

El manejo de lodos de los sistemas de tratamiento se dispone, como de costumbre en los lechos de secado. Los lodos obtenidos de las unidades de trampa de grasas, deben manejarse de forma especial, por lo que el usuario deberá allegar a la CARDER respaldo de la disponibilidad definida del servicio especial de aseo para la recolección, manejo y disposición final. Deberá reportar la totalidad de lodos y residuos especiales generados en la empresa. El ente prestador debe contar con los permisos y autorizaciones ambientales para dicho servicio.

4.5 LA LOMBRIZ

4.5.1 Historia

La lombriz siempre ha estado ligada al desarrollo de la humanidad, se reporta su existencia desde hace 700 millones de años. En los años 384 – 322 a.C, Aristóteles, en su obra “Historia Animal”, las enunció como los intestinos de la tierra, que contribuían a su fertilidad. Las culturas chinas y africanas desde hace más de 200 años las conocen. En el año 1775, Sir Gilbert White conoció a través de sus estudios la extraordinaria importancia de la lombriz, y escribió el primer libro sobre el tema “La lombriz promotora de la vegetación”.¹⁶

Pero tal vez, lo más importante de este libro fue que casualmente a la edad de ocho años Charles Darwin (1809-1882) lo leyó, y le produjo tal motivación que lo llevó a estudiar e investigar las lombrices hasta el día en que falleció. A Charles Darwin se lo conoce comúnmente por la “Teoría de las especies y su evolución”, desconociéndose el hecho que escribió el libro “La producción de tierra vegetal por intermedio de las lombrices” donde sus estudios e investigaciones, después a más de cien años de su muerte siguen teniendo vigencia y son considerados la Biblia de los lombricultores.¹⁷

En la época de posguerra, los ganaderos europeos sufrieron una grave crisis económica. Al conocer las cualidades de la lombriz, la introdujeron en sus tierras, y lograron en un

¹⁶ QUICENO A. Jaime. 1995

¹⁷ Fuente Internet. lineaverde.weebly.com

breve plazo apreciar las bondades de la misma y del valor agregado que se le daba a la feca animal. Este superaba al de la leche y la carne, por cuanto el producto final del reciclaje de la feca es muy valioso en la recuperación y mejoramiento de suelos altamente degradados por el uso intensivo al que se vieron sometidos. (QUICENO. 1995).

Actualmente la humanidad se encuentra en la necesidad de conservar el medio ambiente. La lombricultura es una biotecnología orientada a la utilización de la lombriz como una herramienta de trabajo para el reciclaje de todo tipo de materia orgánica, y no solo como una actividad que depende de la posibilidad de poder contar con feca animal. Esta biotecnología permite obtener (principalmente como productos finales del proceso) el humus. BOLLO 2003.

4.5.2 Lombricultura

La lombricultura es la cría de lombrices, las cuales producen como desecho un abono de muy buena calidad que se denomina humus de lombriz, el cual es el resultado de la digestión de los desechos orgánicos que les sirven de alimento. La carne también se puede aprovechar para consumo animal o humano, ya que tienen una gran valor nutritivo.

La lombricultura es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz, ya que esta recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola.¹⁸

La lombricultura constituye un medio de descontaminación ambiental, al utilizar una serie de materiales biodegradables, a los que da un valor agregado para la utilización final.¹⁹

La lombricultura es un negocio en expansión y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales.²⁰

Entre las especies utilizadas para el campo de la lombricultura se encuentra la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que es de un color rojo púrpura, su engrosamiento (clitelo) se encuentra un poco céntrico, su cola es achatada, de color amarillo y mide aproximadamente de 8 a 10 cm, es muy resistente a condiciones adversas del medio; y la lombriz roja africana (*Fudrillus* spp) que es de color oscuro, su engrosamiento (clitelo)

¹⁸ Fuente Internet. www.asturhumus.net

¹⁹ Quiceno, A. Jaime. 1995

²⁰ Fuente Internet. sites.amarillasinternet.com

se encuentra más craneal, su cola es redonda y de color blanquecino y mide aproximadamente de 15 a 20 cm. No es muy resistente a condiciones adversas, cuando no se le da su medio o hábitat recomendado emigran y por lo general mueren. Pero en condiciones óptimas se reproduce más rápido que la californiana y genera más abono.

4.5.3 Condiciones ambientales para el desarrollo de un lombricultivo

Se debe monitorear y controlar las condiciones ambientales para una óptima alimentación, reproducción y desarrollo del lombricultivo.

4.5.3.1 Humedad

Será del 70% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz ya que un déficit de humedad origina una oxigenación deficiente. Las lombrices toman el alimento succionando, por tanto la existencia de humedad les facilita dicha operación.

4.5.3.2 Riego

Si los contenidos de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del lombricultivo. Se debe tener en cuenta que los riegos no produzcan encharcamientos, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

4.5.3.3 Aireación

Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices, ya que si ésta no es la adecuada, el consumo de alimento se reduce, además del apareamiento y reproducción debido a la compactación.

4.5.3.4 Temperatura

El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones²¹ entre 12 y 15° C. Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo las camas libres de plagas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.

²¹ Término utilizado para los huevos de lombriz

4.5.3.5 pH

Para las condiciones óptimas del lombricultivo, el pH recomendado es 7,0 ya que pueden llegar a soportar pH ácidos hasta 5,5 y alcalinos de 8,5, arriesgando la productividad de la lombriz.

4.5.4 La lombricultura y las PTAR

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generan una gran cantidad de residuos orgánicos conocidos como lodos o biosólidos. Por esta razón desde los últimos 50 años se han propuesto alternativas para el manejo de estos con el fin de disminuir los costos de tratamiento y disposición final. Las alternativas planteadas para el manejo están dirigidas a convertirlos en un material útil. Hoy por hoy son menos las áreas que se pueden adaptar como sitios de disposición final o quema. No obstante, debido a que tiene un alto contenido de materia orgánica posee macro y micronutrientes, han pasado por un proceso de estabilización (mediante la digestión anaerobia que reduce su nivel de patogenicidad, capacidad de atracción de vectores y poder de fermentación) y pueden ser usados como abono en la industria ornamental, forestal, en campos deportivos así como en la recuperación de suelos, ya que mejoran sus características físicas, químicas y biológicas.

Es importante aclarar que los usos en suelo agrícolas se restringen por las concentraciones de microorganismos patógenos, en los productos obtenidos, que pueden afectar la salud humana. A pesar de esta alternativa, no deben emplearse directamente por lo que pueden generar efectos adversos sobre sus características.

Actualmente, con el fin de realizar un manejo adecuado se someten a diferentes tratamientos que los preparen antes de ser usados dentro de los que se encuentra el compostaje y especialmente usando la lombriz roja californiana *Eisenia foétida* o lombricultura, el cual permite la transformación y translocación de materia orgánica (MO) para obtener abonos orgánicos libres de contaminantes.²²

4.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.6.1 Localización

La Empresa Comestibles “La Rosa” se encuentra ubicada en el área industrial de Dosquebradas desde el año 1951, municipio perteneciente al departamento de

²² CHAVEZ, Álvaro y RODRÍGUEZ, Alejandra. 2007. Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico.

Risaralda, limita al Norte con los barrios Guadalupe y San Nicolás, al Oeste con la Avenida Simón Bolívar, al Este con los barrios Santa Isabel y Campestres, al Sur con la Industria Molinera de Caldas y la estación de gasolina TEXACO. Los montajes experimentales y definitivos se ubicaron en la zona destinada para la recolección de aguas residuales como se muestra en el Plano satelital. (Foto 1).



Foto 1. Localización del área de estudio.

4.6.2 Características biofísicas del área de estudio

El municipio de Dosquebradas se caracteriza por tener meses lluviosos y meses cálidos pero en ocasiones con lluvias repentinas, por esta razón la construcción de las camas de lombricultivos se proyecta realizarlas bajo techo, la biotemperatura media anual se encuentra entre 18 a 24°C temperatura apropiada para montajes de lombricultivo y estabilización de lodos para producción de abono orgánico.

5 METODOLOGÍA

El proyecto se realizó utilizando la metodología de cumplimiento de objetivos, los cuales fueron planteados para seguir un orden de actividades en un tiempo determinado. El inicio del proyecto se da por la necesidad que tiene la Empresa comestibles La Rosa de aprovechar los lodos residuales generados en su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo un estudio previo de localización, área de construcción y variables medio ambientales que pueden influir en los lombricultivos como son temperatura, humedad, luminosidad, pluviosidad, etc.

5.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A continuación se presenta una descripción de los procedimientos utilizados en cada uno de los objetivos. La descripción aparece en las tablas 3, 4 y 5 respectivamente

La información recopilada para el cumplimiento del objetivo específico uno, fue seleccionada, analizada y estructurada por el laboratorio “Análisis Ambiental Ltda” de la ciudad de Cali, el cual se especializa en realizar análisis a lodos residuales industriales.

5.1.1 Objetivo específico uno

Objetivo específico 1	Actividad	Información a recolectar	Método de análisis	Resultado esperado
Determinar el potencial aprovechable de los lodos, a partir de las características biológicas, físicas y químicas.	Los lodos residuales fueron sometidos a pruebas en un laboratorio especializado y certificado en realizar pruebas CRETIB bajo el decreto 4741 de MAVDT de 2005.	Los parámetros de mayor relevancia señalados por el Decreto 4741 de 2005 se mencionan a continuación: <ul style="list-style-type: none"> - Contenido de humedad - Contenido de cenizas - pH, T, densidad - Contenido de metales pesados (As, Cd, Cr, Ni, Pb) -Salmonella, coliformes fecales, Ecoli - Corrosividad, inflamabilidad, toxicidad, reactividad, - Relación Carbono Nitrógeno (C/N) 	La muestra se tomó aleatoriamente en diferentes zonas del lecho de secado, se envasó en frascos de vidrio, se llevó al laboratorio que determinó según el Decreto 4741 de 2005 si el residuo se clasifica como peligroso o no peligroso.	Se espera que el resultado sea positivo para el aprovechamiento de lodos, en cuanto a sus características biológicas, físicas y químicas se espera que en lo posible no se tenga ninguna restricción para lo que dicta el Decreto 4741 de 2005.
	Al estabilizar el lodo por medio de lombricultivo por un periodo aproximado de dos (2) meses se efectuará un análisis por medio de un laboratorio agrícola certificado y especializado en realizar pruebas de acuerdo con lo dictado en la NTC 5167 de 2003,(Productos orgánicos utilizados como abono o enmiendas de suelo.	Los parámetros a tener en cuenta según lo dictado en la NTC 5167 de 2004 para la comercialización de productos orgánicos son: <ul style="list-style-type: none"> - pH, Humedad - Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Boro, Cobre - Relación C/N - Retención de humedad - Metales pesados (Arsénico, Cadmio, Plomo ,Niquel, Mercurio) - Salmonella, Enterobacterias. 	La muestra se empaqueta en bolsas herméticas con un peso aproximado de 7 Kg. Se realizan las pruebas correspondientes según lo dicta la NTC 5167 de 2003.	Se esperan resultados positivos en cuanto al cumplimiento de la NTC 5167 de 2003 para la debida comercialización del abono y que éste pueda llegar a aportar nutrientes para la fertilización de cultivos y ayudar a la recuperación de suelos deteriorados.

Tabla 3. Actividades, información recolectada y métodos de análisis empleados para desarrollar el objetivo específico número uno.

5.1.2 Objetivo específico dos

Objetivo específico 2	Actividad	Información a recolectar	Método de análisis	Resultado esperado
<p>Selección de la alternativa óptima frente a la definición del alimento a suministrar a los cultivos según la necesidad de reducción de residuos de la empresa.</p>	<p>5 montajes experimentales para la definición de la receta alimenticia (Lodo, pastos, barredura y residuos de casino y la combinación de los 3 residuos) y definición de necesidades para montaje a gran escala.</p>	<p>Selección de la receta alimenticia con mejor aceptación en los cultivos o camas, y requerimientos de necesidades para la construcción del montaje definitivo.</p>	<p>El primer montaje que se realizó para el inicio de la investigación se analizó durante un periodo de 11 semanas y se seleccionó la receta alimenticia mejor aceptada.</p> <p>El segundo montaje de investigación se analizó durante un periodo de 12 semanas, se definieron las cantidades de lodo y alimento a estabilizar y requerimientos de tiempos y movimientos para el personal a cargo del sistema productivo.</p> <p>Descripción del montaje: el montaje experimental para el lombricultivo se diseñó con las siguientes dimensiones: 3 m de largo, 1 m de ancho, 0,5 m de profundidad; la compostera se diseñará por 2 m de largo, 1 m de ancho y 0,75 m de profundidad (Ver plano 2).</p>	<p>El resultado que se espera obtener del experimento es que las lombrices sobrevivan a las condiciones de hábitat y a las alimenticias, pudiendo de esta manera transformar los residuos en un producto aprovechable y con alto contenido nutricional para la fertilización y recuperación de suelos.</p>

Tabla 5. Actividades, información recolectada y métodos de análisis empleados para desarrollar el objetivo específico número tres.

5.1.3 Objetivos específico tres

Objetivo específico 3	Actividad	Información a recolectar	Método de análisis	Resultado esperado
<p>Condiciones óptimas de manejo de los lodos generados frente a la alternativa seleccionada, que incluya análisis operativo y de mercado requerido para el producto.</p>	<p>Se realice la proyección del montaje, con base en los resultados obtenidos durante la investigación. La descripción del sistema corresponde a la alternativa seleccionada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de las características del producto para su comercialización. -Evaluación de costos de construcción del montaje definitivo. -Estimación de costos, beneficios económicos y ambientales proyectados para el montaje definitivo. 	<p>El método de análisis para el estudio de beneficios y costos de la investigación se realiza según los resultados arrojados en los objetivos uno y dos, es decir, estos guían el camino hacia el aprovechamiento de residuos de la empresa, y el tercer objetivo define si el proyecto es viable económica y ambientalmente.</p>	<p>El resultado esperado para este objetivo final es poder demostrar ambientalmente el aprovechamiento de un residuo que se desperdicia y que económicamente va a generar ahorros e ingresos económicos para el sostenimiento del mismo.</p>

5.2 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la recolección de la información se tomó como unidad principal la preparación del primer montaje para la definición de la receta alimenticia, y la construcción del segundo montaje experimental (Foto2) para la definición de necesidades de lodos a estabilizar y requerimientos para la construcción del montaje a gran escala.

En la primera actividad para cumplir el objetivo número dos se realizó el seguimiento de los pasos planteados, basados en la información recolectada a partir de documentos e información práctica.

5.2.1 Instalación del lombricultivo

5.2.1.1 Área de trabajo: el área destinada para la instalación del lombricultivo se sitúa en un lugar aireado, con una inclinación mínima del 3% para la evacuación de los lixiviados²³; se tiene en cuenta que el sitio debe estar cerca de la fuente de agua para su riego y con fácil acceso para el suministro del sustrato.

5.2.1.2 Montaje experimental: una vez construido el montaje se procedió a extender las capas de material a estabilizar (lodo) junto con el sustrato (alimento). Para el primer montaje experimental se requirieron cinco cajas con diferente sustrato, cada una con un espesor de aproximadamente 20 cm de alto equivalente a 5 Kg de lodo y alimento para cada una de las cajas. Para el segundo montaje experimental se construyó una cama cerca de los lechos de secado, se utilizó como cama de estabilización en la que se depositaron 388 Kg de lodo y 90 Kg de alimento, en la cual se seguiría suministrando semanalmente el alimento, (Plano 1).

Para la definición de la receta alimenticia se tuvieron cinco cajones con diferentes sustratos alimenticios que se describen en la tabla No. 6.

²³ Producción de líquidos percolados, que se deben principalmente al paso del agua a través de los estratos de residuos sólidos que se hallan en plena fase de descomposición, arrancando a su paso componentes disueltos, en suspensión, fijos o volátiles. VIGIL. 1993

Tabla 6. Distribución de pesos de lodo y alimento en montaje experimental para definir receta alimenticia.

NÚMERO DE CAMA	ALIMENTO PARA CADA CAMA	CANTIDAD DE LODO	CANTIDAD DE LOMBRIZ	PROPORCIÓN DE ALIMENTO
1	Lodos	5 kg	5 kg	5 kg
2	Corte de pastos y lodo	4 kg	4 kg	2 kg
3	Lodos y barredura	4 kg	4 kg	2 kg
4	Lodos y residuos de casino	4 kg	4 kg	2 kg de cada uno
5	Lodos, pastos, residuos de casino y barredura	2 kg	2 kg	1 kg de cada uno



Foto 2. Segundo montaje experimental.



Foto 3: Alimento seleccionado (pastos y lodos)

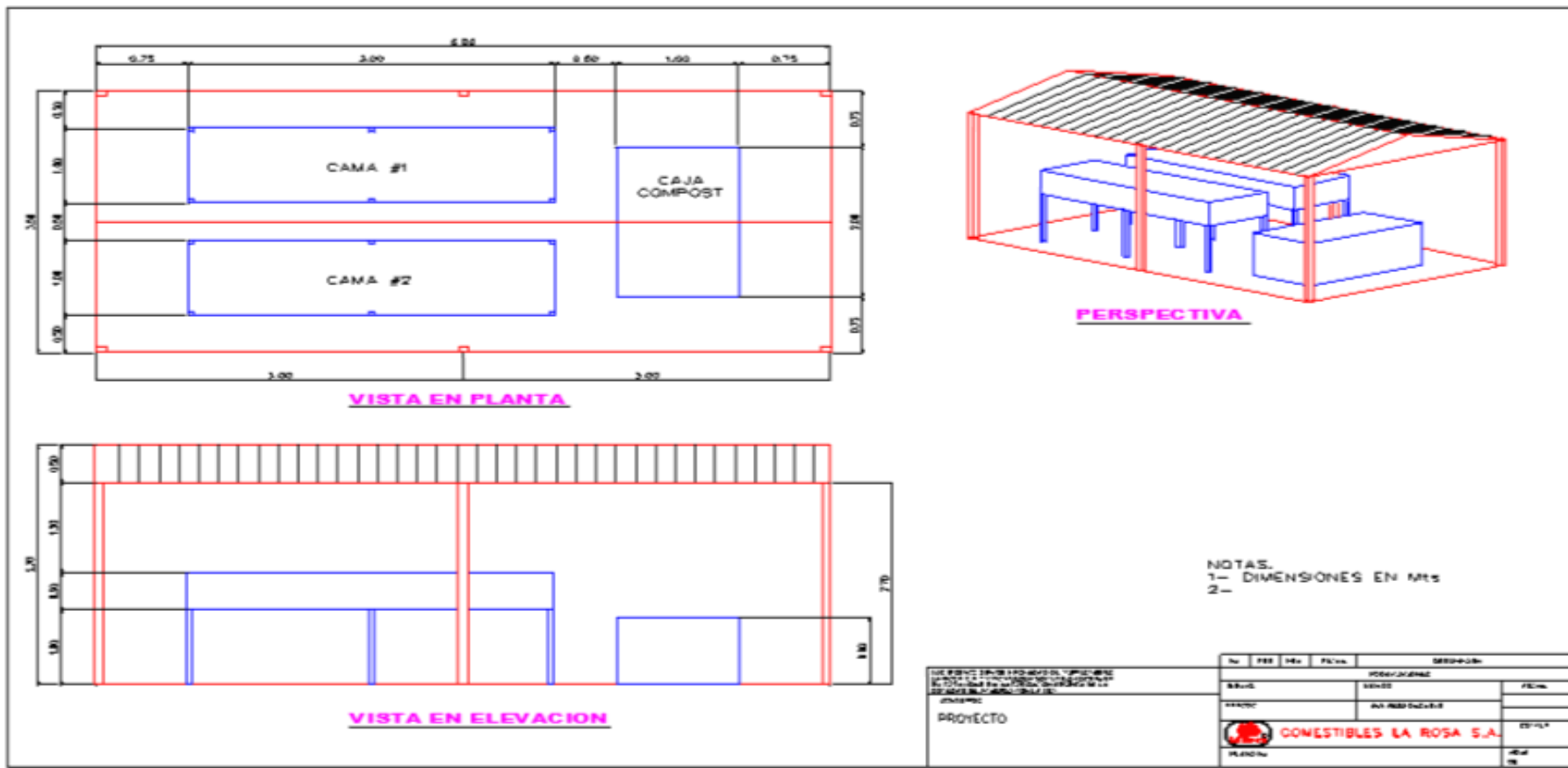


figura 1. Construcción del segundo montaje experimental.

En la tabla No. 7 se muestran los tiempos que se manejaron en el segundo montaje experimental, los cuales sirvieron de base para programar los tiempos que se emplearían en el montaje definitivo.

En la primera semana se realizaron las actividades de preparación para el inicio del cultivo. De la segunda semana a la séptima semana se realizaron actividades cíclicas para el desarrollo y mantenimiento del cultivo. En la octava semana se obtuvo como resultado el abono orgánico.

Para la iniciación del cultivo se extendió la primera capa de lodo y sustrato y se humedeció según el grado de humedad del lodo. Luego de colocar la capa de sustrato (alimento), se procedió a realizar una prueba de supervivencia y detectar de esta manera si el lodo estaba apto para poder ser asimilado por las lombrices, si las lombrices penetraban y se profundizaban en él, indicaba que el lodo se encontraba en buenas condiciones. Después de realizar la prueba y verificar que las condiciones del sustrato eran aptas se procedió a incorporar las lombrices²⁴.

Para realizar la prueba de supervivencia se siembran 50 lombrices. Si después de 24 horas las lombrices han profundizado, se puede sembrar el resto, y si no han sobrevivido existe alguna falla en el compost, por lo tanto se deben revisar todos los aspectos recomendados para el montaje del lombricultivo. Las fallas que se pueden detectar son, entre otras, alto o bajo pH en el medio de cultivo; exceso o carencia de humedad; alta temperatura por falta de descomposición de los materiales que conforman el lecho o la cama.²⁵

6. DESARROLLO Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

6.1 BIOPARÁMETROS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO.

Los cuidados del lombricultivo en la Empresa Comestibles La Rosa se realizaron de la siguiente forma:

6.1.1 Revisión diaria del contenido de humedad: la humedad se revisó diariamente por medio del tacto, según la teoría se debe mantener un rango del 70% de humedad. En los casos en los que el cultivo se observaba o se sentía húmedo se tomó en la mano una muestra de lodo y se presionó de tal manera que si al forzarlo brotaba agua se procedía a abrir la cama con orificios que ayudaran al drenaje, si por el contrario se observaba y se sentía seco se procedía a humedecer sin encharcar el cultivo.

²⁴Los pasos explicados para la elaboración del cultivo que se realizaron para los dos primeros montajes de investigación, deberán ser implementados y cumplidos en el montaje definitivo.

²⁵ Fuente Internet. www.monografias.com

Tabla 7: Distribución de tareas y tiempos para seguimiento del segundo ensayo experimental.

SEMANA 1		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
1	Recolección del lodo y limpieza de la arena	5 horas
1	Transporte del lodo a la zona de acondicionamiento	1 hora
1	Volteo para la oxigenación	1 hora
1	Medición de temperatura °C distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
1	Medición de PH, tomar muestras de diferentes zonas de la cama	30 minutos
2	Alimentación	30 minutos
	Tiempo Total	8 horas, 30 minutos
SEMANA 2		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
1	Volteo para la oxigenación	1 hora
1	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
5	Volteo para la oxigenación	1 hora
5	Medición de PH y Temperatura	30 minutos
SEMANA 3		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
1	Volteo para la oxigenación	1 hora
1	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
5	Volteo para la oxigenación	1 hora
5	Medición de PH y Temperatura	30 minutos
5	Alimentación	1 hora
SEMANA 4		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
2	Volteo para la oxigenación	1 hora
2	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
5	Volteo para la oxigenación	1 hora
SEMANA 5		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
3	Volteo para la oxigenación	1 hora
3	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
5	Volteo para la oxigenación	1 hora
SEMANA 6		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
2	Volteo para la oxigenación	1 hora
2	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
4	Volteo para la oxigenación	1 hora
SEMANA 7		
DÍA	ACTIVIDAD	TIEMPO REQUERIDO
1	Volteo para la oxigenación	1 hora
1	Medición de PH y Temperatura distribuidas en diferentes zonas de la cama	30 minutos
3	Volteo para la oxigenación	1 hora

6.1.2 Control del pH: la muestra que se tomó para la medición inicial fue un trozo mediano el cual se deposita en un beaker de laboratorio, diluido en agua destilada, en este proceso se calcula el pH. (Foto 2).

La literatura consultada, referente a las condiciones óptimas de un lombricultivo, indica que el pH recomendado es 7,0 ya que las lombrices pueden llegar a soportar pH ácidos hasta 5,5 y alcalinos de 8,5 arriesgando de esta manera la productividad de la lombriz. Los pH manejados en la investigación fueron variables pero no sobrepasaban los rangos de acidez o alcalinidad (Gráfico 1), en caso de que esto sucediera se tenían

controles. Si el cultivo arrojaba parámetros de acidez se neutralizaba con pequeñas cantidades de cal disuelta en agua y si, por el contrario, arrojaba parámetros de alcalinidad se procedería a disolver vinagre en agua para rociar el cultivo.

6.1.3 Control de temperatura: para el análisis de temperatura se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Temperaturas mayores a 26° C: a temperaturas mayores a la mencionada se debe voltear u oxigenar el cultivo proporcionándole oxigenación y liberación de calor.
- Temperaturas menores a 22°C: en caso que las temperaturas descendan por debajo de lo mencionado se debe proceder a cubrir el cultivo con sustrato alimenticio para aislar de la temperatura exterior.

6.1.4 Oxigenación y volteo: La oxigenación y volteo se realizaron semanalmente teniendo en cuenta hacer una adecuada distribución de tareas y tiempos.

El proceso de oxigenación y volteo es de vital importancia en el cultivo, ya que por medio de los volteos se le da al cultivo el oxígeno requerido para los microorganismos que intervienen en el proceso de estabilización y generación de abono orgánico. (Foto 3).

6.1.5 Alimentación: el alimento se ubicó en capas sucesivas de 5 a 10 cm de espesor. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron cinco tipos diferentes de alimento distribuidos en cada una de las camas instaladas: lodos; corte de pastos y lodo; lodos y barredura²⁶; lodos y residuos de casino; lodos, pastos, residuos de casino y barredura.

6.1.6 Riego: el riego se realizó de manera directa, con manguera o regadera, para llevar un buen control del agua esparcida. Los riegos no se realizaron de forma excesiva ya que se arrastran proteínas y puede provocar la pérdida de valor nutricional del alimento y se puede provocar la muerte de la lombriz por ahogamiento.

²⁶ Producto que resulta del proceso de elaboración de las galletas en la fábrica.



Foto 4: control de pH para el lombricultivo.



Foto 5: oxigenación y volteo para el lombricultivo

6.1.7 Extracción de la lombriz: al cabo de dos meses la lombriz transformó el lodo en abono orgánico, el método utilizado para la separación de la lombriz fue dejar la cama sin alimento por un período de 8 días para causar de esta manera estrés (hambre) en la lombriz, se procedió a colocar comida en un rincón de los dos extremos de la cama, de esta manera las lombrices se desplazaron en búsqueda del alimento y allí se sacaron manualmente (Foto 4); cuando el lombricultivo es a gran escala se procede a colocar costales de malla ancha con el alimento y de esta manera la lombriz quedará atrapada dentro del costal.



Foto 6. Extracción manual de la lombriz

6.1.8 Cosecha: al observar que la cosecha cambia de color café claro a oscuro y la textura comienza a tener similitud con la tierra, es decir, su contextura es granulosa, su olor es semejante a la tierra y posee un pH neutro, se procede a desterronar y tamizar como se puede observar en las fotos 5 y 6.



Foto 7. Estado inicial del lodo.



Foto 8. Desterronamiento y tamizado del abono

6.1.9 Procesamiento final del abono: una vez separada la lombriz del abono, por medio del zarandeo o separación manual, se procedió a extender el abono en un lugar abierto para su debido secado, el abono no debe quedar del todo seco, se debe conservar como mínimo un 30% de humedad por un periodo de 8 días aproximadamente (Foto 7).



Foto 9. Esparcimiento del lodo para restar humedad.

Al finalizar el proceso de lombricultivo, es decir, al obtener el producto final llamado abono orgánico se procedió a sacar muestras en cantidades de 5 Kg para ser analizadas por laboratorio. Las muestras fueron enviadas al laboratorio AGRILAB, especializado en análisis de productos agrícolas, concluyendo de esta forma lo planteado en el objetivo número uno. (Foto 8).



Foto 10. Producto final del abono

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

La caracterización de residuos fue realizada por la empresa “Análisis Ambiental, Ingeniería y Laboratorio”. Los resultados del análisis realizado por dicho laboratorio se pueden observar en el Anexo 1.

De acuerdo con las características encontradas en los residuos analizados se concluye lo siguiente:

- El residuo de lodo proveniente del Filtro Prensa PTARI, no presenta características de inflamabilidad y corrosividad.

- Las concentraciones de Plomo, Arsénico y Selenio, obtenidas en el residuo de Torta de Lodo PTARI, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el Decreto 4741 de 2005.
- Las concentraciones de Cadmio, Plomo, Mercurio, Arsénico, Cromo, Plata, Selenio y Bario, obtenidas en el residuo de escoria de fundición de Plomo, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el Decreto 4741 de 2005.
- Los residuos analizados no presentan características de reactividad cuando se mezclan con Agua.

De acuerdo con los resultados por composición obtenidos en los lodos residuales de la PTARI, se concluye lo siguiente:

- Las concentraciones de metales pesados obtenidas en el residuo analizado lo clasifican como categoría A (Anexo 1), lo que indica que este residuo puede ser aplicado sin ninguna restricción.

Los resultados del análisis hecho por el laboratorio arrojan como conclusión que dichos lodos generados como residuos por la empresa comestibles La Rosa poseen condiciones ambientales óptimas para utilizarse en un lombricultivo.

7.2 DEFINICIÓN DE LA RECETA

La receta alimenticia mejor aceptada por los cultivos fue la composta de pastos. Los sustratos alimenticios (Barredura, residuos de casino, y pastos) la barredura y los residuos de casino presentaron buena aceptación, pero se observó que presentaron plagas, hongos e incrementos en las temperaturas sobrepasando los rangos determinados para la investigación. Los cultivos alimentados con pastos no presentaron ningún tipo de plagas, la reproducción y la cantidad de cocones (huevos de lombriz) fue mayor a la de los demás sustratos, por esta razón y según la necesidad de disminución de los residuos de la empresa se elige como sustrato alimenticio los pastos por su gran cantidad de generación ya que la barredura ya tiene un fin comercial dentro de la empresa.

7.3 RESULTADO DE pH

En el gráfico No. 1 se muestran los pH tomados en un periodo de 10 tomas, día de por medio, es decir, el pH se registraba cada 2 días con muestras aleatorias dentro de la cama, en donde el lombricultivo ya tenía 4 semanas en funcionamiento

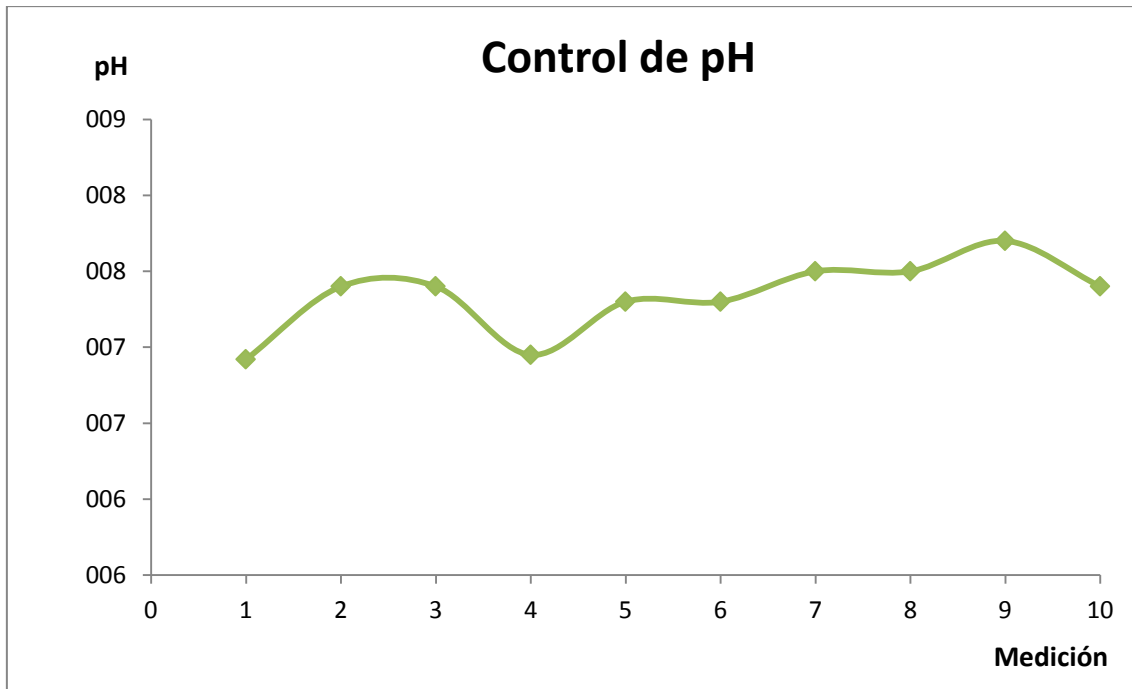


Gráfico 1. Control de pH.

7.4 RESULTADO DE CONTROL DE TEMPERATURA

Las temperaturas tomadas durante la investigación fueron controladas y estables, en algunas ocasiones se registraron temperaturas de 28 °C, cabe anotar que esta temperatura se registró en un día caluroso, se procedió a voltear, oxigenar y humedecer el cultivo y se pudo llegar a una temperatura estable.

En el gráfico 2 se muestran las temperaturas tomadas para un total de 10 tomas, día de por medio, es decir, la temperatura se registraba cada 2 días con muestras aleatorias dentro de la cama, en donde el lombricultivo ya tenía 4 semanas en funcionamiento.

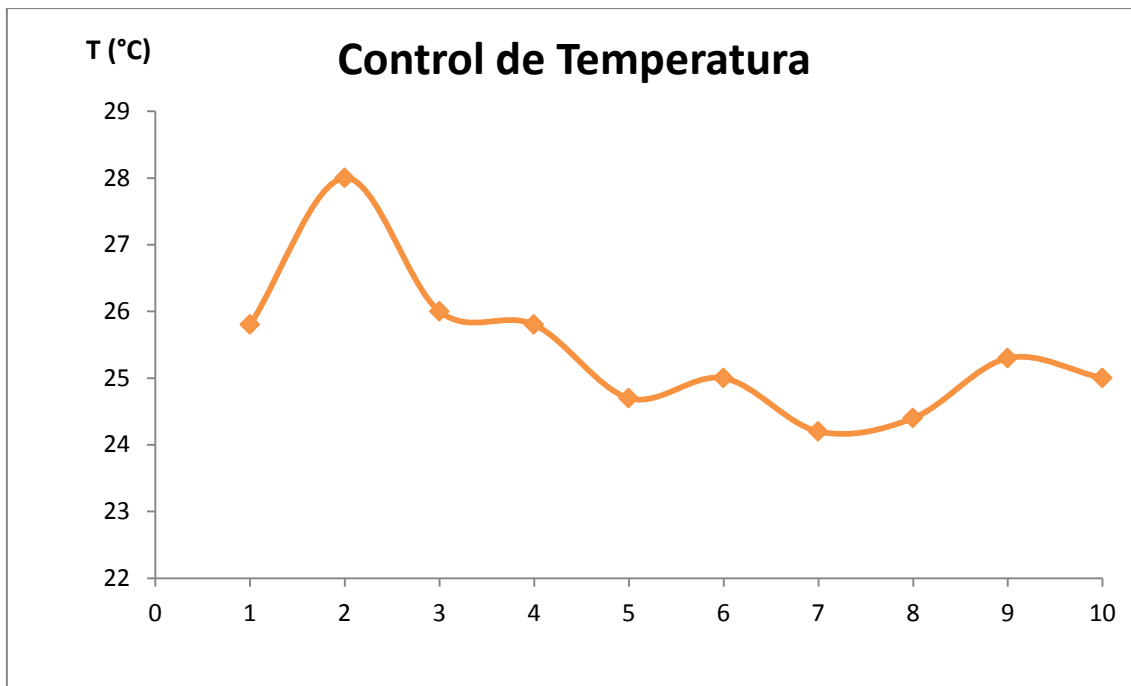


Gráfico 2. Control de Temperatura.

7.5 ANÁLISIS DEL ABONO

El análisis del abono y su comparación con lo exigido por la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004, la cual especifica los parámetros para comercializar abonos orgánicos en Colombia, fue realizado por el laboratorio AGRILAB. En los resultados entregados se observa que los porcentajes de los componentes se encuentran dentro del rango exigido por la norma.

En la tabla No. 8 se realiza una comparación de los datos obtenidos en el laboratorio con lo dictado en la norma NTC 5167 de 2004.

Resultados de laboratorio			
Resultado de laboratorio para abono orgánico generado a partir de lodos orgánicos	Reporte	NTC 5167	Cumplimiento de la norma
Pérdidas por volatilización %*	23.83 %	Pérdidas por volatilización % *	
Contenido de cenizas %*	13.15 %	Contenido cenizas max	60 % *
Residuo insoluble en ácido	7,33%		
Contenido de humedad *	64.11 %	Contenido de humedad	
N,P2O5 y K2O totales			
Nitrógeno	1.55 %	N,P2O5 y K2O totales reportar si es mayor	1%
Potasio	0,19%		
Calcio	0.50 %		
Magnesio	0.15 %		
Fosforo	0.30		
Azufre	0.09 %		
Boro	0.002 %		
Magnesio	0.057 %		
Hierro	1.44 %		
Zinc	0.009 %		
Sodio	0.036 %		
Relación C / N	3.50 (7 / 2)	Relación C/N	
Retención de humedad	29.53 %	Retención de humedad min	Su propio peso
Ph	5.19 %	Ph mayor a 4 menor a 9	> 4 < 9
Metales pesados mg/kg:		Límites de metales pesados en mg/Kg (ppm):	
Arsénico	13.23	Arsénico (As)	41
Cadmio	0.21	Cadmio (Cd)	39
Cromo	16.18	Cromo (Cr)	1 200
Mercurio	<5.00	Mercurio (Hg)	17
Níquel	9.09	Níquel (Ni)	420
plomo	9.76	Plomo (Pb)	300

Tabla 8. Comparación del análisis del abono con los parámetros de la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004.

7.6 ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN

Con base en los resultados del montaje experimental se plantea a la empresa una estrategia para aprovechar la totalidad de los lodos generados. De igual manera se expresa la necesidad de podar las zonas verdes para producir un abono que cumpla con los parámetros establecidos en la norma técnica colombiana. A continuación se

plantea cómo realizar el montaje definitivo con base en la producción total de residuos que la empresa genera.

7.6.1 Ubicación del montaje definitivo

La adecuación del terreno para la construcción del montaje definitivo se propuso teniendo en cuenta diferentes variables: redes hidráulicas, distancia de los lodos generados a los lechos de secado y aislamiento del sistema productivo de la empresa.

En la construcción del montaje se tuvo en cuenta que el 50% del espacio debe ir destinado a las camas, el almacenamiento del alimento (compost) y el depósito de material producido.

En el plano 2 se muestra la posible ubicación del montaje definitivo que cumple con las variables anteriormente enumeradas.

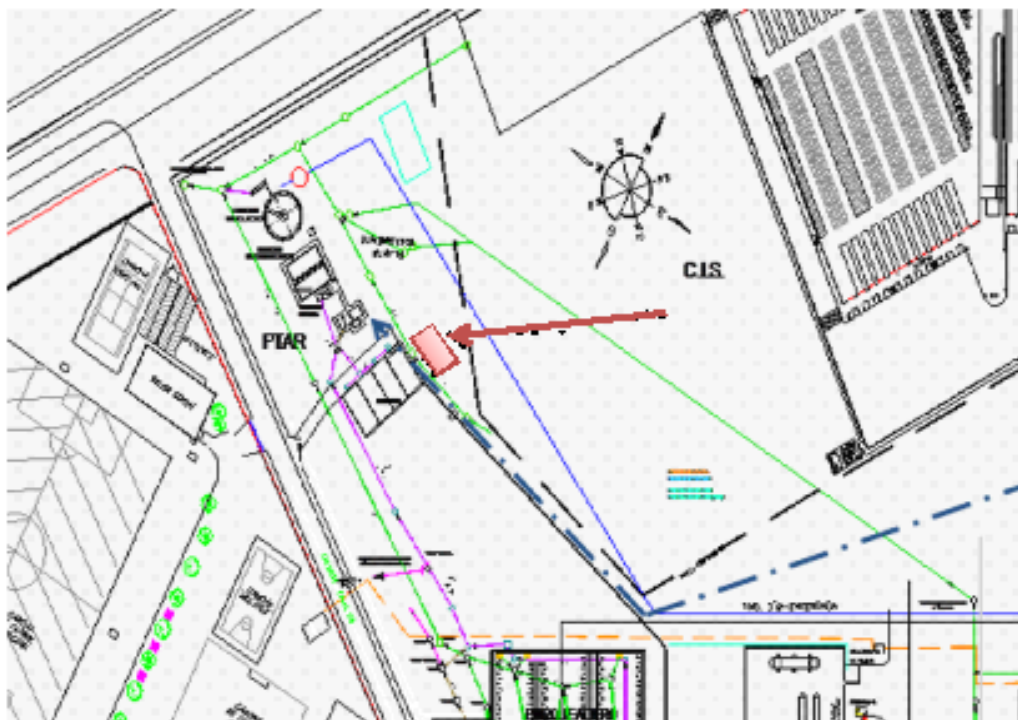


Figura 2. Ubicación del montaje definitivo.

7.6.2 Diseño del montaje definitivo

Se planteó un diseño físico, con las características necesarias para lograr el óptimo desarrollo del lombricultivo.

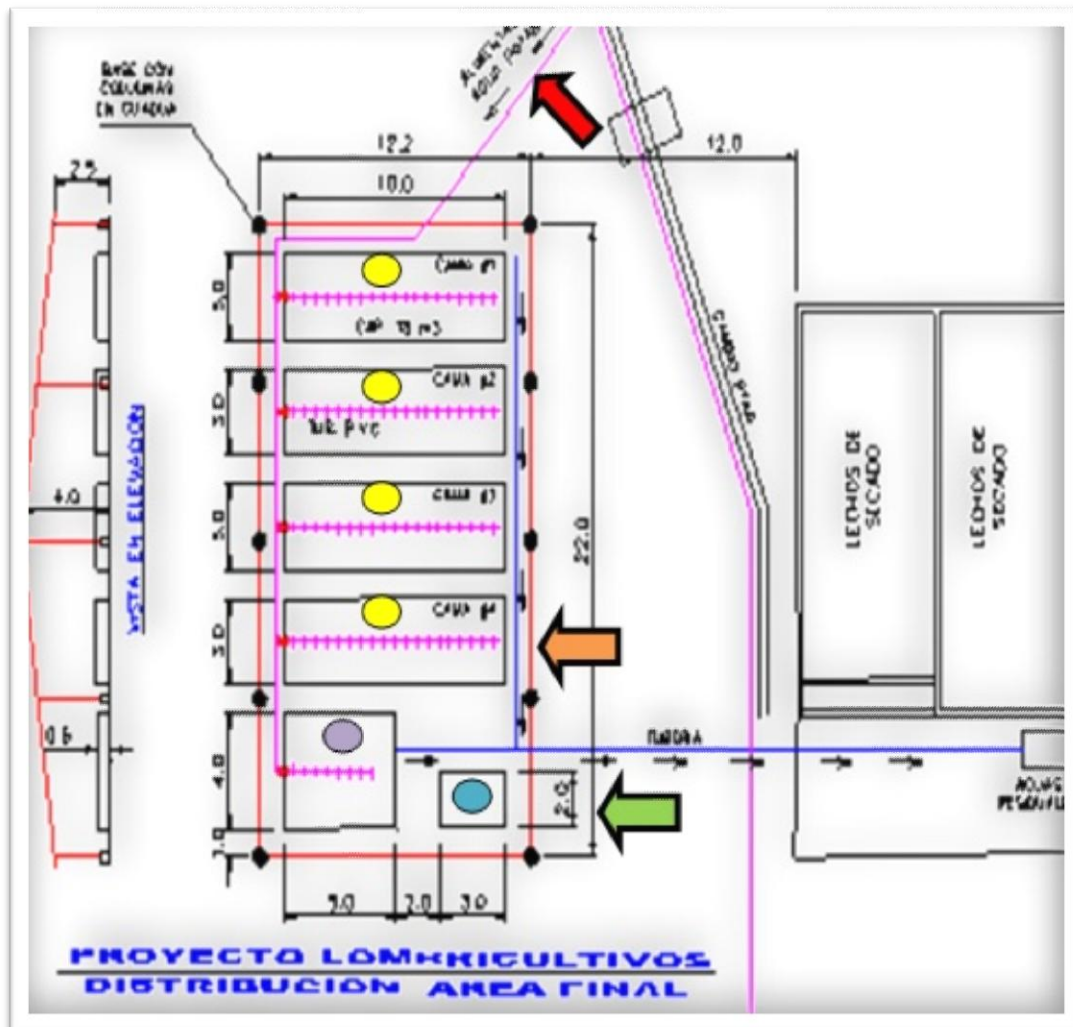


Figura 3. Montaje definitivo para el aprovechamiento de lodos.

En el plano 3 se ilustra el sistema de riego con llaves de paso independiente tipo flauta para cada cama, señaladas con círculos amarillos. La línea rosa y la flecha roja son el flujo de agua potable que va hacia el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTAR. La línea roja con puntos negros resaltados por la flecha naranja indica los lugares donde estarán situadas las bases para el sostenimiento de la estructura. La línea azul muestra la canal que recibirá el lixiviado de las camas, el cual se mezcla con el agua que sale de la compostera y conduciéndolo a la poceta de las aguas residuales en los lechos de secado del lodo. Dicho lixiviado será tratado por la PTAR. La compostera se señala con el círculo lila y el cuarto de almacenamiento se señala con el círculo azul; se debe tener en cuenta que el lombricultivo debe ser cerrado con mallas para evitar el acceso de aves que se puedan alimentar de lombrices. A continuación se muestran las dimensiones de la infraestructura:

- Ancho terreno: 22.0 m
- Largo: 12.2 m
- Distancia a los lechos: 12.0 m

Entrada: 2.0 m (señalada con la flecha verde)

Camas primera alternativa: señaladas con los círculos amarillos. Las dimensiones son: 10 m de largo, ancho 3 m, alto 0,6 m.

Camas segunda alternativa: dimensiones: largo 6 m, ancho 3 m y alto 0,6 m.

Compostera: señalada con círculo morado, mide 5 m de largo, ancho 4 m y alto 0,9 m.

Elevación central del techo: 4 m

Elevación de extremos del techo: 2,5 m

Cuarto de almacenamiento: 3 m de ancho y 2 m de alto.

7.6.3 Requerimientos de infraestructura: En la tabla No. 9 se muestra la generación de lodo mensual. Para la construcción del montaje definitivo se tiene en cuenta la generación del mes de febrero, y con base en esta cifra se designan las camas necesarias para la transformación del lodo en abono orgánico.

Tabla 9. Cantidad de lodo generado mensualmente y número de viajes a disponer en el relleno sanitario.

MES	LODOS GENERADOS Kg	FLETES A DISPOSICIÓN RELLENO
ENERO	19.590	7
FEBRERO	19.980	9
MARZO	19.630	8
ABRIL	5.510	3
MAYO	13.200	7
JUNIO	9.390	5
JULIO	8.180	5
AGOSTO	6.500	4
SEPTIEMBRE	7.490	4
OCTUBRE	11.750	7
NOVIEMBRE	6.320	5
DICIEMBRE	6.720	4
TOTAL	134.260 Kg	68

El gráfico 3 muestra el comportamiento de la cantidad de lodo generada en los meses del año. Se puede observar que la cantidad de lodo no es constante y que por esta razón se debe tener en cuenta en los cálculos estimativos y así tomar como base el mínimo de producción para los ingresos por venta del producto y recuperación del capital invertido, el máximo se toma como base para la construcción del montaje definitivo.

En la tabla No. 10 se muestra la generación de pastos mensual. Para la construcción de la compostera en el montaje definitivo se tendrá en cuenta la generación del mes de septiembre, y con base en esta cifra se designarán las dimensiones para llevar a cabo el proceso de compost del pasto.

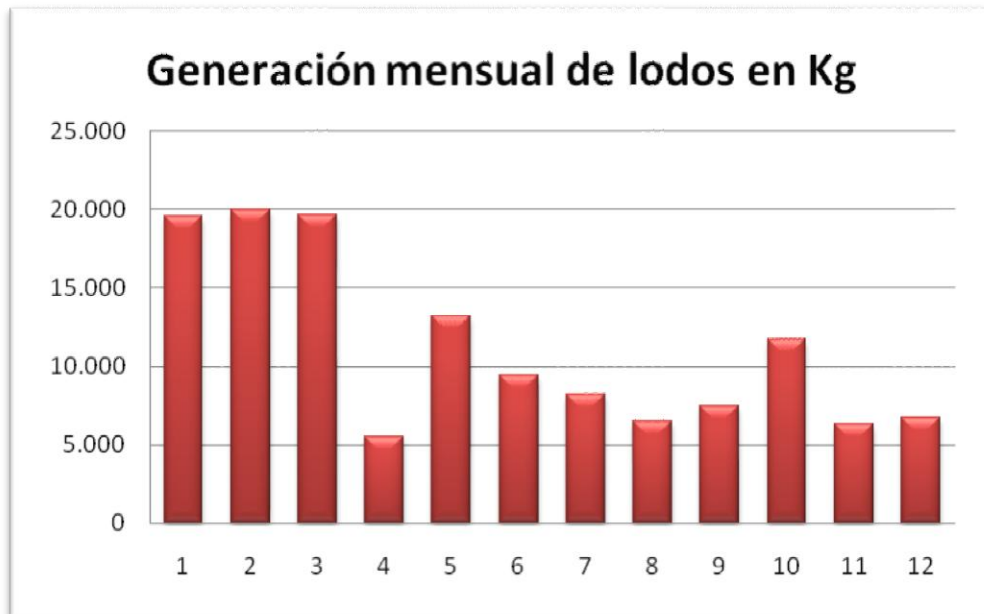


Gráfico 3. Comportamiento y generación mensual de lodos

Tabla 10. Cantidad de pastos generados mensualmente y número de fletes a disponer en el Relleno sanitario.

MES	PASTOS GENERADOS Kg	FLETES DISPOSICIÓN RELLENO
ENERO	1.260	3
FEBRERO	10.740	14
MARZO	10.070	13
ABRIL	13.890	12
MAYO	6.080	9
JUNIO	7.190	9
JULIO	6.840	15
AGOSTO	7.600	11
SEPTIEMBRE	18.480	18
OCTUBRE	10.260	13
NOVIEMBRE	2.550	1
DICIEMBRE	5.580	7
TOTAL	100.540	125

El gráfico 4 muestra el comportamiento de la cantidad de pastos generados en los meses del año. Se puede observar que la cantidad de pastos al igual que la generación de lodos no es constante y por esta razón se debe tener en cuenta en los cálculos estimativos y así tomar como base el mínimo de producción para los ingresos por venta del producto y recuperación del capital invertido a pesar de que la composta no se venderá como abono, pero sí hace parte de la efectividad de la transformación del lodo en abono.

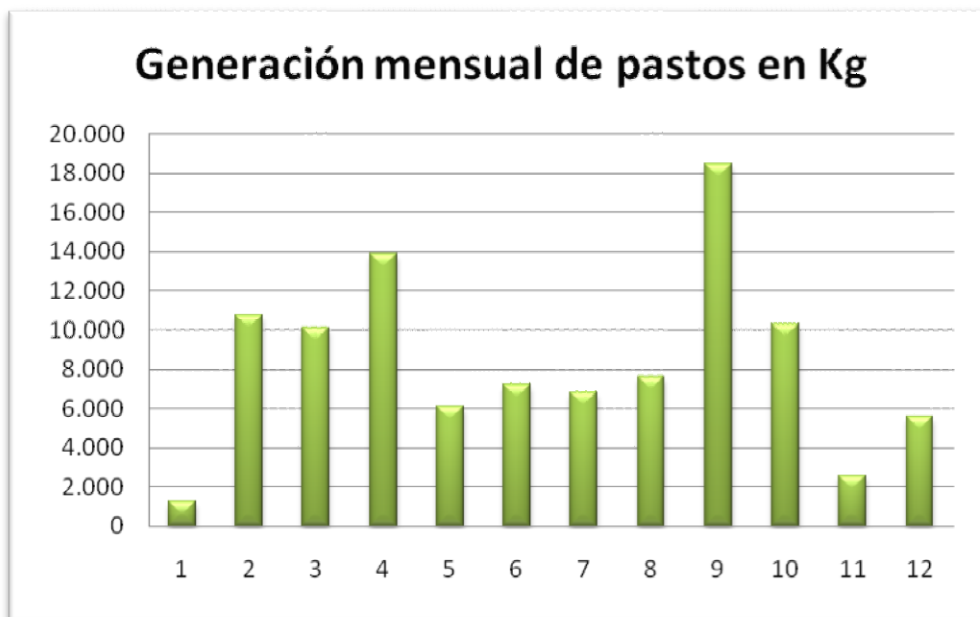


Gráfico 4.Comportamiento y generación mensual de pastos.

7.6.4. Dimensión de las camas: las dimensiones definidas para la construcción de las camas se llevaron a cabo mediante los siguientes cálculos.

Generación máxima de lodos = 19.980 Kg

Densidad del lodo = 1.250 Kg/m³

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Volumen = 16 m³

Se toma como referencia el mes de febrero, ya que fue el mes con mayor generación de lodos residuales. Según el volumen máximo de lodos residuales se sugieren las siguientes dimensiones para la construcción de las camas.

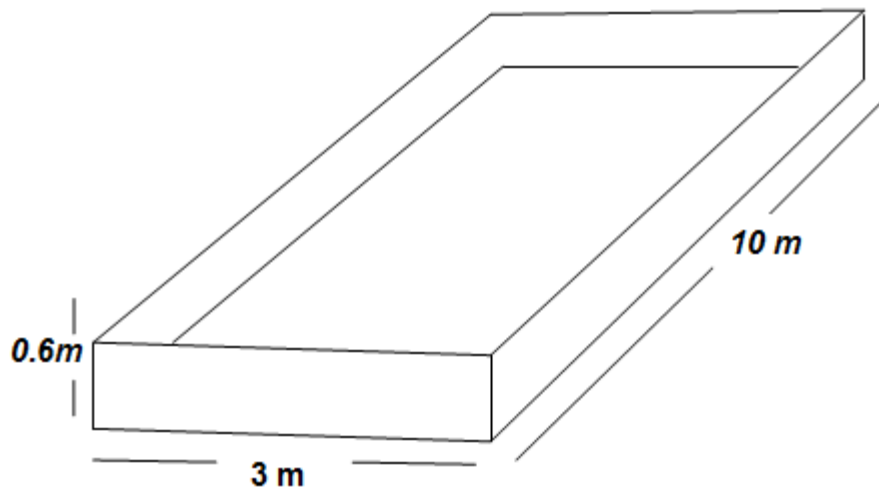


Figura 4. Dimensiones para la construcción de las camas del montaje definitivo.

7.6.5 Manejo operativo del lombricultivo. Para la estabilización de los lodos se requiere un periodo de tres meses, por lo que se sugiere la construcción de tres camas

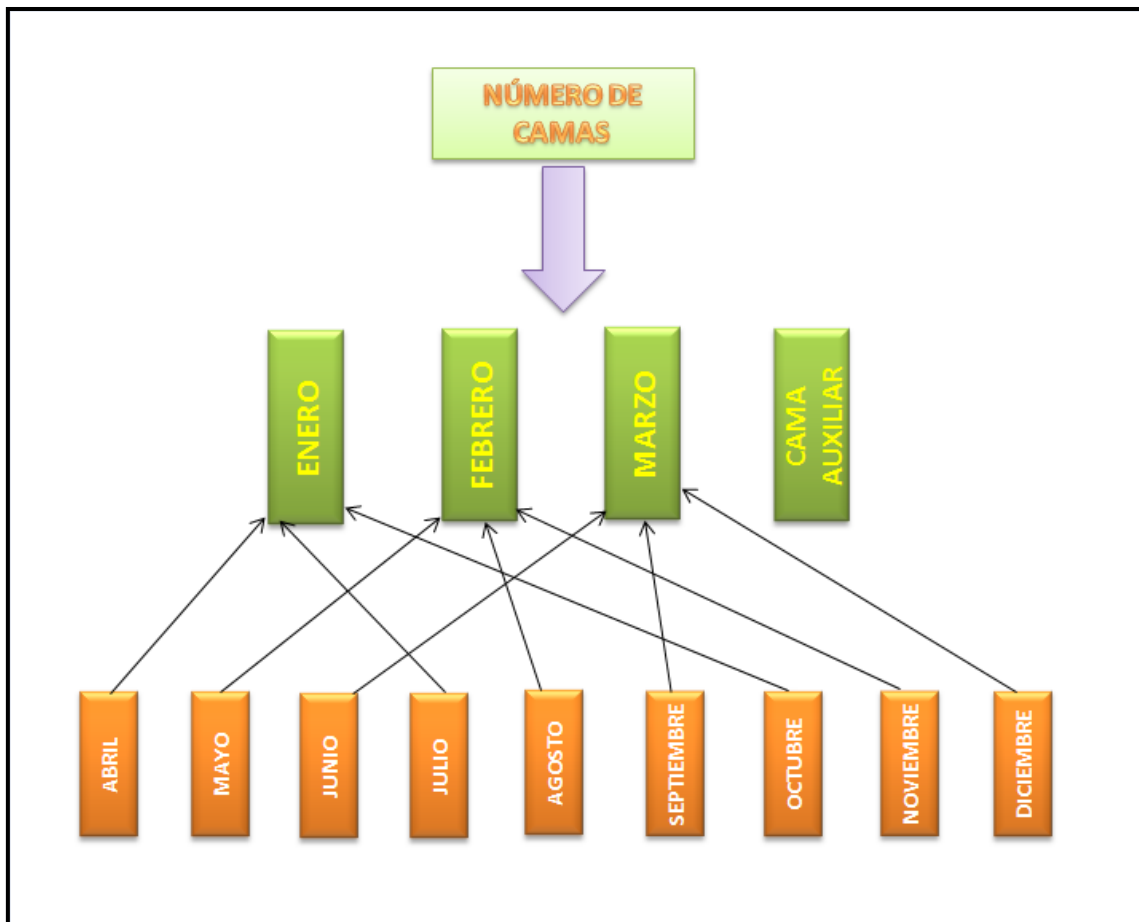


Diagrama 1. Rotación de camas según los lodos generados mensualmente durante el año.



Diagrama 2. Asignación de camas según los meses del año.

que cubrirán la generación de lodos en los tres primeros meses. Al cuarto mes se retira el abono producido del primer mes y esta cama recibe los lodos generados en el cuarto mes y así sucesivamente como se muestra en los diagramas 1 Y 2.

7.6.5.1 Producción de abono estimado en el montaje definitivo.

Para obtener un estimado de la cantidad de abono producido por el montaje definitivo, se toma como base el montaje experimental y se realiza una proyección que se presenta a continuación.

Los cálculos de producción de abono se realizaron con el montaje experimental. Los datos obtenidos en este montaje serán la base para lograr un estimado de la producción de abono que se obtendrá en el montaje definitivo.

Al estar el abono del segundo montaje experimental estabilizado por un periodo aproximado de 11 semanas se depositó en un cajón con una medida exacta. La cantidad de abono obtenido fue de 17 Kg; con esta medida se siguieron llenando 7 cajones más para un resultado final total de 119 Kg.

Inicio del segundo experimento: 388 Kg de lodo + 152 Kg de sustrato = 540 Kg

Finalización del segundo experimento = 119 Kg de abono

$$\left\{ \begin{array}{l} 388 \text{ Kg} \longrightarrow 100\% \\ 119 \text{ Kg} \qquad \qquad \qquad X \end{array} \right\}$$

X es el porcentaje de reducción. Equivale a un 69 % aproximadamente.

Porcentaje de abono obtenido = 30,67 %

7.6.5.2 Producto de abono segundo montaje experimental.

Disposición en cama experimental: al inicio del montaje experimental se depositaron 388 Kg de lodo, gradualmente, y en el transcurso del proceso de estabilización se le adicionaban 14 Kg de sustrato (alimento) semanalmente hasta terminar con el periodo establecido de 11 semanas.

Generación mensual de lodo: los cálculos que se tienen en cuenta en la producción de lodo mensual en la Planta de tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) son equivalentes a 19.980 Kg de lodo.

Los resultados arrojados por el montaje experimental detallan que el lodo al ser estabilizado y convertido en abono orgánico tiene una reducción de 69% aproximadamente en el cual se obtiene el 30,67% de abono. En este montaje se depositaron 0,3 Toneladas de lodo y se obtuvieron 0,1 Toneladas de abono.

7.6.5.3 Reducción de pastos a compost

Al inicio del montaje experimental se depositaron 393 Kg de pastos. En el transcurso del proceso el pasto se reduce, obteniendo características similares a la tierra pero con más compactación, como se muestra en la figura 2. De los 393 Kg depositados solo se utilizaron 152 Kg de pasto para la alimentación de la lombriz.

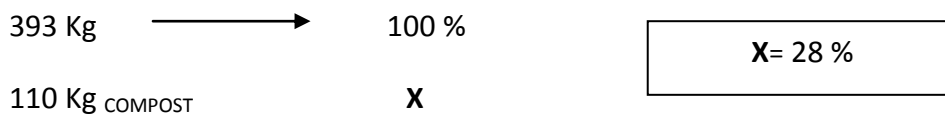


Foto 11. Reducción de pastos a compost.

Generación mensual de pastos: en el cálculo que se realiza a continuación se tiene en cuenta la generación mensual de la poda de pastos de las zonas verdes de la empresa Comestibles “La Rosa” equivalente a 18.480 Kg de pastos.

Pastos depositados en la compostera = 393 Kg

Compost producido: 110 Kg. Con la ayuda de un cajón con medida exacta se pesaron 22 Kg de compost y se obtuvieron 5 cajones más de la compostera, es decir, 22 Kg se multiplicaron por la cantidad de cajones que se llenaron para un total de 110 Kg.



Los resultados arrojados por el montaje experimental de la compostera detallan que al ser estabilizados los pastos y convertidos en composta se obtiene una reducción de 69% aproximadamente en el cual se logra aprovechar el 28 % de compost. En este montaje se depositaron 0,39 Toneladas de pastos y se obtuvieron 0,11 Toneladas de composta.

Se evidencia que al depositar más producto a estabilizar en la compostera el resultado fue menor al del abono, ya que cuando se obtienen los pesos de abono se requieren 7 canastones, mientras que al realizar los pesos del compost solo se necesitan 5 canastones. Estos resultados se dan debido a que al pesar los canastones de compost con la misma medida con la que se pesó el abono, estas pesaban más por contener mayor contenido de humedad y compactación que el abono.

7.6.5.4 Generación de abono para montaje definitivo

La generación de abono del montaje definitivo fue calculada con base en el mes que se presenta mayor producción de lodo al año. Esta base sólo se toma para calcular el espacio que se requiere para la construcción del montaje definitivo como se presenta en los siguientes cálculos.

- Cálculos para definir las dimensiones del montaje definitivo con máxima de generación de lodos.

388 Kg _{LODO} \longrightarrow 119 Kg _{ABONO} X = 6,12 Toneladas de abono
 19980 Kg _{LODO MENSUAL} **X**

393 Kg _{PASTO} \longrightarrow 110 Kg _{COMPOSTA} X= 5,17 Toneladas de composta
 18480Kg **X**

Para el montaje final se pretende obtener 6,12 Toneladas de abono y 5.17 Toneladas de composta. La estabilización del alimento (composta) es el dato calculado con la mayor producción de pastos al año. De igual forma se realizó el cálculo para el abono.

Al realizarse la alimentación del lombricultivo se debe tener en cuenta que el lodo formará parte de esta alimentación, es decir, si se tienen 19,9 Toneladas de lodo mensuales y 18,4 toneladas de pastos, se debe suministrar 0,83 Toneladas equivalentes a 832 Kg de sustrato semanalmente por un periodo de 3 meses. El sustrato no se consumirá totalmente ya que al inicio del experimento se tuvo en cuenta que el lodo funciona como parte de éste, de igual manera, si se desea se podrá suministrar a las camas la misma cantidad de alimento que el lodo depositado, es decir, que si se depositaron 19,9 Toneladas de lodo se podrán suministrar las 18,4 toneladas de compost gradualmente durante el periodo de tres meses.

El sustrato sobrante podrá ser combinado con el nuevo pasto agregado y así se ayudará a la descomposición del material.

- Cálculos con el mínimo de producción de lodos al año para la venta y recuperación de la inversión

388 Kg _{LODO} \longrightarrow 119 Kg X= 1,68 Toneladas de abono.
 5.510_{LODO MENSUAL} **X**

393 Kg _{PASTO} \longrightarrow 110 Kg _{COMPOSTA} X= 0,35 Toneladas de compost
 1260 Kg _{PASTO MENSUAL} **X**

Tabla 11. Cantidades de generación de lodos para capacidad de infraestructura.

MAXIMO DE LODO A ESTABILIZAR	GENERACION DE ABONO	PORCENTAJE DE ABONO	REDUCCION DE LODO
19980 Kg	6,12 Ton	30.67 %	69%
MINIMO DE LODO A ESTABILIZAR	GENERACION DE ABONO	PORCENTAJE DE ABONO	REDUCCION DE LODO
5.510 Kg	1.68 Ton	30.67 %	69%
MAXIMO DE PASTO A ESTABILIZAR	GENERACION DECOMPOSTA	PORCENTAJE DE COMPOSTA	REDUCCION DE PASTO
18.480 Kg	5.17 Ton	28%	69%
MINIMO DE PASTO A ESTABILIZAR	GENERACION DE COMPOSTA	PORCENTAJE DE COMPOSTA	REDUCCION DE PASTO
1.260 Kg	0.35 Ton	28%	69%

En la tabla No. 11 se expresa la cantidad de abono o lombricompostado producido cada tres meses. El costo que se estimará estará guiado por los precios con los que actualmente se comercializa el producto en el mercado. Los valores máximos de producción serán tomados para la construcción de la infraestructura y los valores mínimos para recuperación del capital invertido en la venta y comercialización.

7.7 ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO

7.7.1 Costos del proyecto

La valoración de los costos de inversión, operación, y manutención, se realiza principalmente a través de los precios de mercado y lo establecido en las leyes colombianas.

Las tablas entre la No. 12 y la No. 18 muestran datos de costos y de producción derivados del proyecto. Se muestra, por ejemplo, el costo al que se comercializará el abono por cantidad de unidades y el costo por unidad. Se valoraron los costos de comercialización con el mes de mayor producción de lodos.

Tabla 12. Costos de dotación y salario de un empleado para la manutención del lombricultivo.

1. COSTO EMPLEADO MES		
Sueldo mes (9días)	159.750	
Cesantías	14.954	
Prima	14.954	
Vacaciones	6.662	
Interés cesantías	1.796	
Salud ocupacional + Seguridad Industrial	70.000	
TOTAL MES	268.116	
COSTO EMPLEADO AÑO	3.217.392	
2. DOTACIÓN EMPLEADO AÑO		
Ítem	Unidades	Valor Total
Pantalones	3	60.000
Busos	6	108.000
Botas	2	100.000
EPP	3	120.000
SUBTOTAL		388.000
COSTO TOTAL 1+2		\$ 3.605.392

Tabla 13. Producción de abono y precios para la comercialización con el máximo de lodo generado.

Producción de lombricompuesto / costo unitario y por tonelada			
Ítem	unidades	costo unidad	costo total
bolsa de lombricompuesto x 25 kg	40	7.800	312.000
Bolsa de lombricompuesto x 50 Kg	20	14.500	290.000
Toneladas de lombricompuesto	6	261.000	1'566.000

Tabla 14. Producción de abono, y precios para la comercialización con el mínimo de lodo generado.

Producción de lombricompuesto / costo unitario y por tonelada			
ITEM	Uni	Costo Unidad	Costo Total
Bolsa de lombricompuesto x 25 Kg	40	7.800	312.000
Bolsa de lombricompuesto x 50 Kg	20	14.500	290.000
Toneladas de lombricompuesto	2	261.000	522.000

Tabla 15. Costos por la compra de costales

Consumo de Unidades de costales x 25 Kg			
ITEM	Uni	Costo Unidad	Costo Total
Costal x 25 Kg x 1 Tonelada de Lombricompuesto	40	454,72	18.188,80

Tabla 16. Costos de inversión para montaje definitivo.

INVERSIÓN	COSTOS
INFRAESTRUCTURA	37'716.820
BÁSCULA	1'710,000
SELLADORA	1'646.000
YOYO ENVOLVENTE	590.000
LOMBRIZ (Ton)	6'000,000
DOTACIÓN	388.000
LICENCIA PARA VENTA DE ABONO	1'062,400
LICENCIA COMO PRODUCTOR	796.000
TOTAL	\$ 49'909.220

Tabla 17. Costos de operación del montaje definitivo.

OPERACIÓN	COSTOS
SUELDOS + DOTACIÓN (año)	3'605.392
COSTALES (720 de 25 Kg para 18 Ton año)	330.000
HILO PARA COSER COSTALES	6.800
ESTAMPILLAS (año)	350.000
TOTAL	\$ 4'292.200

Tabla 18. Gastos actuales por la disposición de lodos y pastos en el Relleno Sanitario La Glorita.

GASTOS ACTUALES	COSTOS
DISPOSICIÓN DE LODOS POR TON (año)	3'061,128
DISPOSICIÓN DE PASTOS POR TON (año)	2'292,312
VIAJES AL RELLENO LODO (año)	7'820,000
VIAJES AL RELLENO PASTO (año)	14'375.000
TOTAL	\$ 27'548,440

7.7.2 Beneficios del proyecto

7.7.2.1 Aplicación de nuevas tecnologías ambientales

Comestibles La Rosa es una empresa que se ha destacado por aplicar en sus procesos buenas prácticas ambientales, es líder a nivel regional buscando cada día el mejoramiento continuo ambiental para posicionarse como empresa ejemplo a nivel departamental, regional y nacional, es por esta razón que toma la decisión de apoyar un proyecto que busca aprovechar el manejo de lodos a partir de la estabilización de éstos por medio de lombricultivos y obtener de abonos orgánicos que ayuden al mejoramiento de los suelos, fertilización de cultivos comercializando los abonos con grandes y pequeños compradores que a su vez los utilizarán para aplicar buenas prácticas agrícolas (BPA) y orientar los sistemas de producción limpia hacia una agricultura sostenible y ecológicamente segura, reduciendo de esta manera el uso de agroquímicos que además de contaminar y acabar con los suelos contaminan las aguas subterráneas y superficiales.

7.7.2.2 Ahorro de costos de transporte.

La empresa prestadora de servicios ASOMAPRO (Asociación Manos Productivas) es la organización encargada de recoger los lodos y depositarlos en el relleno sanitario la Glorita ubicado en la vereda La Suecia del corregimiento de Combia Baja (Plano 5), anualmente se están depositando 134,26 toneladas de lodo y 100,54 toneladas de pastos.

Se espera que a través de la transformación en abono orgánico por medio de lombricultivos se pueda reducir el número de viajes y las toneladas a disponer en el relleno sanitario, esta reducción equivaldrá al 100% y de esta manera se reducirán los costos de transporte y disposición.

7.7.2.3 Generación de empleo.

El desempleo se ha convertido en uno de los problemas más graves y complejos que enfrenta el país, el proyecto generará empleo para una persona que deberá ocuparse del mantenimiento y cuidado del lombricultivo, realizando todas las labores que este tipo de actividades requiere.

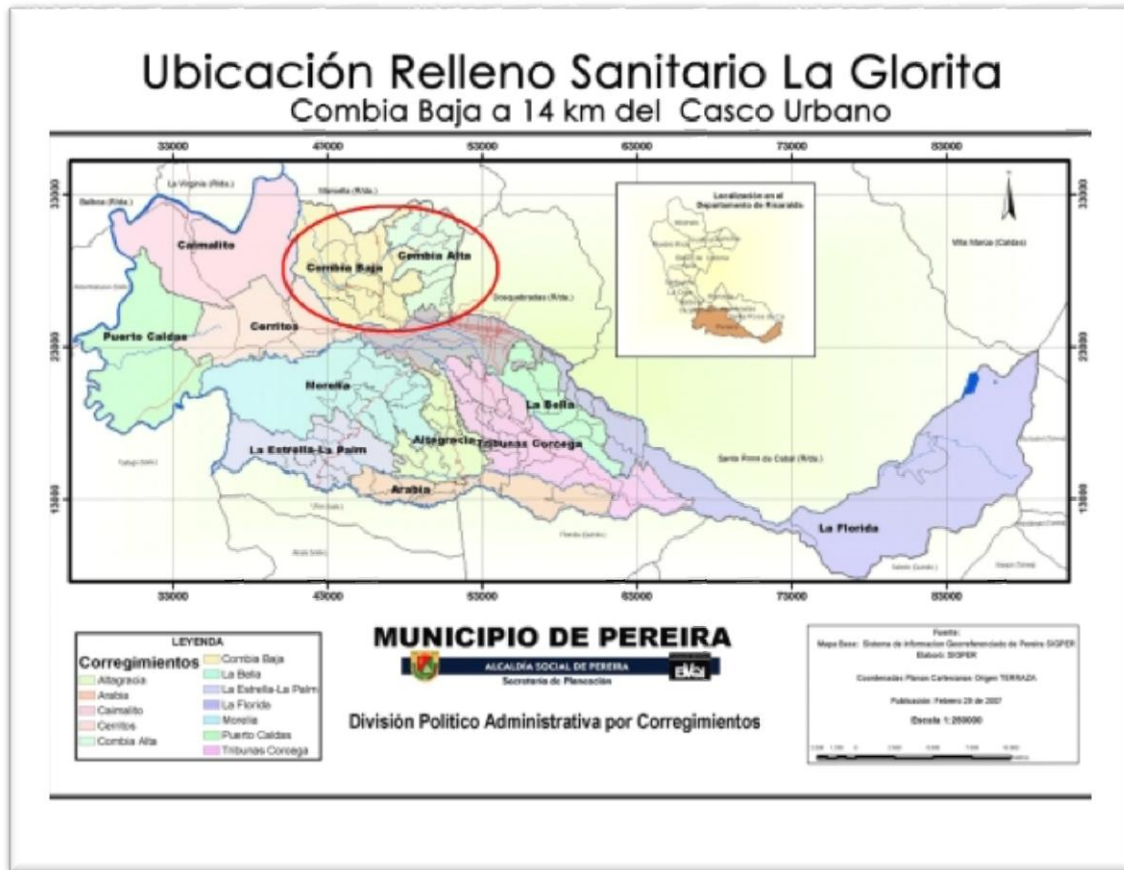


Figura 5 . Ubicación del Relleno Sanitario “la Gloria”.

7.7.2.4 Educación y cultura ambiental

La Empresa Comestibles La Rosa se destaca por ser una de las empresas más sobresalientes de la región, tanto por la generación de empleo como por sus reconocidos productos, esto conlleva a la atracción de personal deseoso de conocer sus instalaciones y procesos productivos. La implementación del proyecto constituye un nuevo atractivo para los visitantes quienes podrán ser testigos de la adopción de nuevas tecnologías ambientales a través del montaje de lombricultivos, de esta manera se incentivará a niños de colegios vecinos , jóvenes y adultos a practicar estas tecnologías dentro de sus hogares; de igual manera el proyecto se convertirá en una muestra piloto que puede ser copiada por las instituciones educativas para ejecutar proyectos de aprovechamiento de los residuos que se producen en cada una de ellas.

Pensando en esta posibilidad, se realizó una visita a la institución educativa Fabio Vásquez en la que se dictó una charla acerca del proceso que efectúa la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y de esta manera cómo se aprovechan los lodos residuales por medio de lombricultivos para generar abono orgánico. Fotos 9 y 10.



Foto 9. Visita de la institución educativa “Fabio Vásquez”.



Foto 10. Actividad recreativa con los niños de la institución “Fabio Vásquez”.

7.8 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

Una vez valorados los costos y beneficios del proyecto a partir de la construcción del flujo de caja (Diagrama 3) se evalúa el proyecto en términos financieros, situación que permite determinar si la inversión realizada en esta alternativa se cubrirá en el tiempo y observar los beneficios durante su operación. Dado que el proyecto no cuenta con un momento de finalización, pues sus actividades harán parte de la operación normal de la empresa, se toma un horizonte de 5 años para evaluar su rentabilidad.

El diagrama 3 muestra la inversión que se asumirá para el proyecto, y el ahorro que se genera por el aprovechamiento de los lodos y la no disposición al relleno sanitario.



DIAGRAMA 3. Flujo de costos y beneficios del proyecto.

7.8.1 Indicadores de rentabilidad

7.8.1.1 Valor presente: se calcula y analiza con el objetivo de determinar si el proyecto como mínimo alcanza a compensar el costo de oportunidad, representado en una tasa de interés real y si a la vez genera una ganancia monetaria para el inversionista. En otros términos lo que se pretende es traducir todos los costos e ingresos del proyecto a su valor equivalente en el año cero y así establecer su rentabilidad.

$$P = \frac{F}{(1 + r)^n}$$

DONDE:

P: Presente

F: Futuro

r: Tasa interna

n : Vida útil del proyecto

$$BENEFICIO COSTO = \frac{V_P}{C}$$

DONDE:

VP: Valor presente (beneficio)

C: Costos del Proyecto

$$B/C = \frac{V_P}{C} = \frac{127.316.963}{65.854.442} = 1,9$$

Como la relación Beneficio - Costo calculada en el flujo de caja construido es mayor que 1, restamos una unidad y obtenemos 0,9, que es la contribución del proyecto a generar prima, o sea que cada peso invertido en el proyecto en valor presente genera \$ 0,9 pesos de prima.

7.8.1.2 Análisis de costos de inversión y beneficios

Como se puede observar en la tabla No. 16 el proyecto requiere de una inversión de 49'909.220 millones de pesos; a pesar de que el proyecto no generará gran cantidad de utilidades en algunos meses del año, debido a la disminución en la generación de lodo, como se observa en el gráfico 3 en el mes de abril, solo se obtendrá una utilidad de 2'088.000 millones de pesos anuales, asumiendo que en todos los meses del año solo se generarán 5.510 Kg de lodo. Se debe tener en cuenta que se ahorrarán 29'636.440 millones de pesos por no disponer los lodos en el relleno sanitario y aprovecharlos para la generación de abono orgánico.

Los cálculos realizados detallan el análisis de la relación Beneficio Costo, en donde el resultado es igual a 1,9, y según el autor KaremMokate en su publicación "Evaluación Financiera de Proyectos", cuando el resultado es mayor a 1 significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto resultará viable.

Para el caso del proyecto de estabilización de lodos residuales, por cada peso invertido se contribuirá con \$ 0,9 pesos a la prima, como ya quedó explicado anteriormente.

Sin embargo, el mayor beneficio que se obtiene por la ejecución del proyecto es de carácter ambiental y empresarial, ya que el beneficio ambiental estará representado por los impactos ambientales positivos que se dan por la recirculación de nutrientes y la utilización de un residuo sólido para el mejoramiento de los suelos a nivel local, regional y empresarial, de esta manera el lodo se dejará de disponer en el Relleno Sanitario La Glorita para ser aprovechado como abono orgánico. El beneficio empresarial está relacionado con los propósitos y metas ambientales de la empresa comestibles “La Rosa”, direccionados a la recuperación de materiales, reducción de residuos y, por ende, reducción de costos asociados a su correcta disposición, mejoramiento a la imagen de la empresa ante clientes, proveedores, socios, comunidades educativas etc.

El diagrama 4 ilustra un recuento general de las estrategias que se deben aplicar cuando se implementa un proceso de Producción Más Limpia (PML) dentro de una empresa.

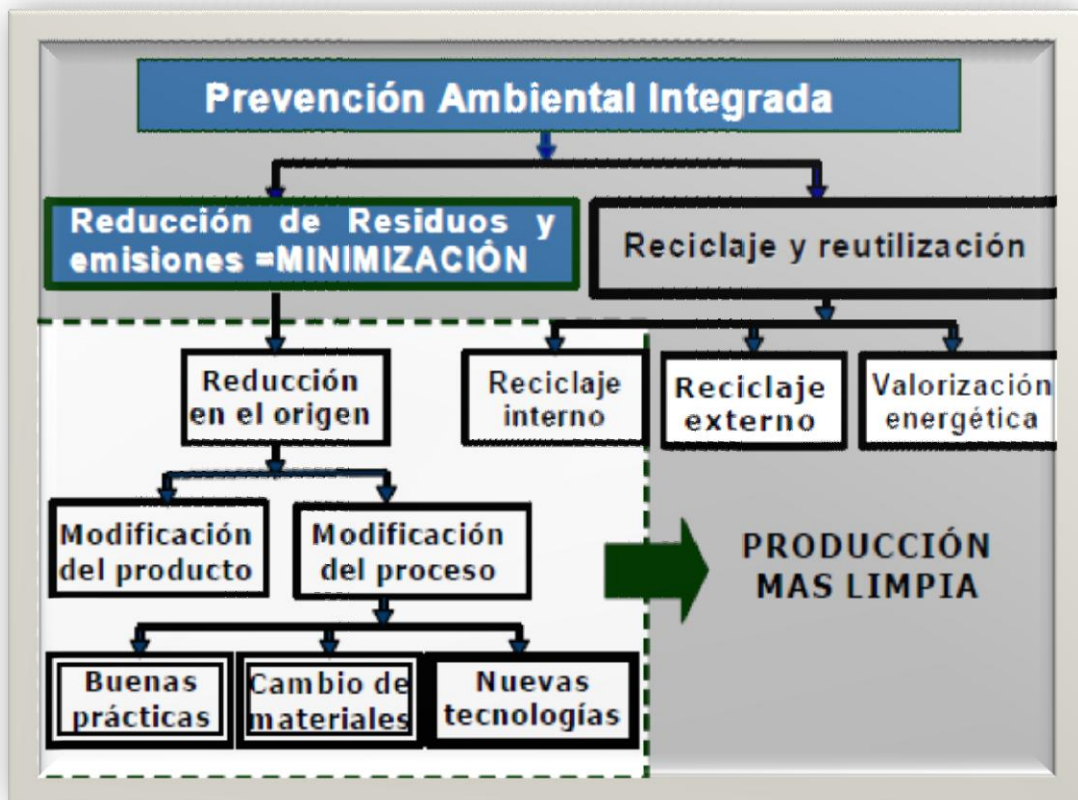


DIAGRAMA 4. Estrategias de producción más limpia (EPML)²⁷

²⁷FUENTE: Centro de iniciativas para la producción Neta de Cataluña.

8. CONCLUSIONES

- La caracterización de la composición de los lodos residuales generados en el sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Comestibles “La Rosa” en sus propiedades física, química y microbiológica arroja resultados positivos para la utilización del material como enmienda de suelos²⁸, por no contener ningún tipo de residuo peligroso que pueda llegar a afectar la salud humana o a alterar las propiedades físicas de los suelos.
- Desde el punto de vista técnico y bajo las condiciones del presente proyecto, el uso de lodos residuales para la generación de un biosólido como enmienda de suelos cumple con el decreto 4741 de 2005, el cual reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos y lo estipulado en la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004 la cual ejerce control para los productos orgánicos usados como abonos y/o fertilizantes de enmiendas de suelos exigiendo límites permisibles de metales pesados y componentes químicos que puedan llegar a tener efectos indeseables sobre la salud y el medio ambiente.
- Los resultados arrojados por el presente estudio permiten suponer como una alternativa viable la transformación del lodo para la generación de abono orgánico. Lo anterior obliga a pensar en la necesidad de continuar estudiando la mejor manera de implementar alternativas para el mejoramiento de la eficiencia técnica del sistema y la implementación de nuevas tecnologías ambientales para la empresa.
- El comportamiento de las condiciones evaluadas, como temperatura, humedad, pH y oxigenación que se dan en las diferentes fases del proceso muestran que el compostaje de lodos es una opción efectiva para contribuir a la regeneración de suelos por su aplicación como enmienda y prevenir la contaminación de los suelos como una alternativa ante los fertilizantes químicos.
- El biosólido obtenido de los procesos de lombricompostaje y compostaje de los lodos residuales presenta aptitud para uso agrícola como abono además de poder ser utilizados para la recuperación de suelos erosionados por las características nutricionales que éstos poseen.

²⁸ Productos naturales a base de Calcio y Magnesio que se utilizan para corregir la acidez del suelo y neutralizar los efectos tóxicos causados por altas concentraciones de Aluminio, Hierro y Manganeseo en los suelos ácidos. Así mismo se usan para suministrar Calcio y Magnesio cuyas deficiencias son muy comunes en dichos suelos. Por sus altos contenidos de Calcio también se les denomina CALES. Las enmiendas también pueden ser utilizadas para corregir los suelos alcalinos, o sea aquellos que tienen pHs muy altos (generalmente pH mayor de 8), caracterizados por sus altas concentraciones de sales.

- Desde el punto de vista económico, la alternativa tecnológica evaluada es viable en virtud de la relación beneficio-costos evaluada ya que los ingresos superan los egresos. En cuanto a los beneficios, la empresa Comestibles “la Rosa” agregará a su excelente imagen ambiental una nueva tecnología que conlleva a la generación de empleo, educación ambiental para comunidades educativas, además, fomentar la recuperación de desechos para ser reciclados de manera eficiente y dinámica.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que al comenzar la construcción del lombricultivo se evalúe la alternativa de conectar la red de riego para las camas de lombricultivo y la compostera a la red que conduce las aguas lluvias de la empresa; de ser esta alternativa aceptada se deberá proceder a analizar las aguas en un laboratorio y descartar de esta manera que el agua sea no salobre.
- Los resultados del proyecto pueden ser aplicados a otras empresas que tengan dificultades con el manejo de residuos líquidos o sólidos. Se recomienda incentivar en los estudiantes de Administración Ambiental la realización de nuevo ensayos adaptándolos a las realidades de cada empresa y de cada contexto.
- Se recomienda a los estudiantes de Administración Ambiental la realización de trabajos de grado que contribuyan de manera real a la solución de problemas del medio. Con este esquema de trabajo se logrará impactar de manera positiva a las empresas y a la comunidad en general, logrando un acercamiento con el sector productivo que contribuye a fortalecer la función de proyección social inherente a la universidad.

10. GLOSARIO

Abono orgánico: sustancia de origen natural procedente de los seres vivos, que aporta al suelo y las plantas nutrientes para su buen desarrollo.

Agente biológico-infeccioso: cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

Almacenamiento o almacenaje: depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final.

Ambiente: cualquier espacio de interacción y sus consecuencias, entre la sociedad (elementos sociales y culturales) y la naturaleza (elementos naturales), en un lugar y momento determinados.

Aprovechamiento de los residuos: conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

Caracterización de lodos: estudio y determinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los lodos a transformar.

Comercialización: operación de venta o transferencia de subproductos y materias o sustancias recuperadas para reincorporarlas al proceso productivo.

Compost o abono orgánico: producto resultante del proceso de compostaje.

Compostaje: proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

Degradable: estructura o compuesto que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales (biodegradable involucra la acción de microorganismos, fotodegradable implica la acción de la luz).

Disposición final: la acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Enmienda de suelo. Productos naturales a base de Calcio y Magnesio que se utilizan para corregir la acidez del suelo y neutralizar los efectos tóxicos causados por altas concentraciones de Aluminio, Hierro y Manganeso en los suelos ácidos. Así mismo se usan para suministrar Calcio y Magnesio cuyas deficiencias son muy comunes en dichos suelos. Por sus altos contenidos de Calcio también se les denomina CALES. Las enmiendas también pueden ser utilizadas para corregir los suelos alcalinos, o sea aquellos que tienen pHs muy altos (generalmente pH mayor de 8), caracterizados por sus altas concentraciones de sales.

Generador: persona física o moral que produce residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Gestión integral de los residuos: conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Lombricultura: biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo abono orgánico.

Producción limpia: proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos.

Relleno sanitario: obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud.

Residuos orgánicos: residuos de comida y restos del jardín. Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de los desintegradores.

Tratamiento: conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.

Tratamiento biológico: tratamiento que se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos o los residuos del jardín.

Valorización: acción de aumentar el valor de un residuo. Los residuos se han de valorizar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente.

Vector: cualquier insecto, artrópodo u otro animal capaz de transmitir enfermedades.

11. BIBLIOGRAFÍA

- BOLLO, Enzo. 2001. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Chile.
- CHAVEZ, Álvaro y RODRÍGUEZ, Alejandra. 2007. Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Artículo de investigación
- CONIL, Philippe. 2000. Las plantas de tratamiento de aguas residuales (P.T.A.R.): Herramientas de Desarrollo Local. Congreso Nacional de ACODAL.
- EPA. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1999. Biosolids generation, use, and disposal in the United States. Washington.
- GUZMÁN, Carolina y CAMPOS, Claudia. 2004. Indicadores de contaminación fecal en biosólidos aplicados en agricultura. Universidad Javeriana
- ICONTEC. 2003. Norma Técnica Colombiana NTC 5167: productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizante y acondicionadores de suelo. Bogotá.
- JOHNSON M., James, 2008. Producción orgánica. Composta, abonos verdes y lombricultura.
- KIELY, G. 1999. Ingeniería ambiental: fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Mc Graw Hill.
- KUTER, G. y otros. 1995. Biosolids Composting. Water Environment Federation, Washington.
- LARES M. Juan. 2007. Cuantificación de salmonella SPP en el proceso de secado solar de lodos generados en plantas tratadoras de aguas residuales. Trabajo de tesis. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez.
- LÓPEZ, Manuel, GUTIÉRREZ, Antonio y SASTRE Andrés. Biosólidos Generados en la Depuración de Aguas. Artículo publicado en Ingeniería del Agua. Vol. 3. No. 2. Pag 45
- MENDOZA G., Lenin, 2008. Manual de lombricultivo. Secretaría de Educación Pública. Chiapas. México.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. 2005. Decreto 4741, por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la Gestión Integral, Bogotá

OLIVEIRA DE SOUZA, Wilson et al. 2000. O lodo de Esgoto: uso na agricultura,compostagem, e utros destinos finais. En: Memorias Curso Internacional de Sistemas Integrados Sostenibles. Cali: Universidad del Valle, IHE, SIDIAT.

OROPEZA, Norma. 2006. Lodos residuales: estabilización y manejo. Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo. México

QUICENO A., Jaime. 1995. Producción de Humus y Lombriz. CORPOICA.

RICH, L.G. 1982., A Cost-Effective System for the Aerobic Stabilization and Disposal of Waste Activated Sludge Solids, Water Research. Artículo de investigación.

RODRÍGUEZ Eder. 2008. Gestión Ambiental para los subproductos derivados de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Colombia y comparación con sistemas similares en San Andrés. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Colombia.

ROMERO, Jairo. 2000. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería

TORRES, P.; Pérez, A.; ESCOBAR, J.; URIBE, I. y IMERY R. Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas Residuales. Escuela EIDENAR, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Colombia. Artículo de investigación.

<http://www.manualdelombricultura.com/>. Consultado el 30 de octubre de 2011

<http://lineaverde.weebly.com/historia-de-la-lombricultura.html>. Consultado el 25 de junio de 2011

http://www.asturhumus.net/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=27&lang=es. Consultado el 4 de julio de 2011.

http://sites.amarillasinternet.com/eiseniafoetida/la_lombricultura.html. Consultado el día 14 de septiembre de 2011.

<http://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/modulo1/aguasresi.pdf>. Consultado el 4 de febrero de 2012

<http://www.monografias.com/trabajos15/lombricultura/lombricultura.shtml>.
Consultado el 15 de febrero de 2012.

12. ANEXOS

ANEXO 1

Caracterización de Lodos Residuales para la empresa Comestibles La Rosa.

COMESTIBLES LA ROSA

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

INFORME FINAL

VERSIÓN 00

OT – 2214

REALIZADO POR:



SANTIAGO DE CALI, ABRIL DE 2010

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES

COMESTIBLES LA ROSA

INTRODUCCIÓN

El día 04 de marzo de 2011, se llevó a cabo la toma de muestras para la caracterización de residuos en la empresa Comestibles La Rosa, localizada en el Calle 29 No. 10 – 215 municipio Dosquebradas, Departamento de Risaralda.

En este informe se presentan los resultados de los análisis de laboratorio, practicado a la muestra de lodos orgánicos proveniente del sistema de tratamiento de aguas residuales – lechos de secado.

OBJETIVO

Realizar la caracterización del residuo de lodos orgánicos proveniente del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Comestibles La Rosa. El propósito de este estudio es determinar la concentración de sustancias o elementos que le imprimen características de residuos peligrosos de conformidad con el Decreto 4741 de 2005 en el residuo de lodos.

ANTECEDENTES

Los residuos de lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Comestibles La Rosa S.A., son clasificados como residuos industriales. Teniendo en cuenta lo anterior se realizó la caracterización de estos residuos y se les practicaron los análisis en el laboratorio para determinar su peligrosidad y clasificarlos según el Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

De acuerdo con la EPA, la caracterización de los residuos se debe realizar con base en los análisis de la prueba denominada CRETIB – Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Inflamabilidad, Toxicidad (TCLP) del residuo, la cual permite determinar el tipo de residuo al que corresponde y clasificarlo como peligroso o no peligroso.

Para mayor claridad en los resultados a continuación se dan las siguientes definiciones de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005:

1. Características que hacen que un residuo o desecho se considere peligroso corrosivo:

Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga, puede dañar gravemente otros materiales y posee cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual 12,5 unidades.
- Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6,35 mm. por año a una temperatura de ensayo de 55° C.

2. Características que hacen a un residuo o desecho peligroso reactivo:

Es aquella característica que presenta un residuo o desecho cuando al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

- Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente cuando se mezcla con agua.
- Poseer, entre sus componentes, sustancias tales como cianuros, sulfuros, en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente.
- Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.
- Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, el agua o cualquier otro elemento o sustancia.
- Provocar o favorecer la combustión.

3. Características que hacen a un residuo o desecho peligroso explosivo:

Se considera que un residuo (o mezcla de residuos) es explosivo cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la

salud humana y/o al ambiente, y además presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a temperatura de 25° C y presión de 1,0 atmósfera.
- Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

4. Características que hacen a un residuo o desecho peligroso inflamable:

Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, o presentar cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser un gas que a una temperatura de 20° C y 1,0 atmósfera de presión arde en una mezcla igual o menor al 13% del volumen del aire.
- Ser un líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 60° C de temperatura, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen.
- Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25° C y presión de 1,0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego.
- Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

5. Características que hacen a un residuo o desecho peligroso tóxico:

Se considera residuo o desecho 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. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos) definidos a continuación y para los cuales, según

sea necesario, las autoridades competentes establecerán los límites de control correspondiente:

- Dosis letal media oral (DL₅₀) para ratas menor o igual a 200 mg/Kg para sólidos y menor o igual a 500 mg/Kg para líquidos, de peso corporal.
- Dosis letal media dérmica (DL₅₀) para ratas menor o igual de 1000 mg/Kg de peso corporal.
- Concentración letal media inhalatoria (CL₅₀) para ratas menor o igual a 10 mg/l.
- Alto potencial de irritación ocular, respiratoria y cutánea, capacidad corrosiva sobre tejidos vivos.
- Susceptibilidad de bioacumulación y biomagnificación en los seres vivos y en las cadenas tróficas.
- Carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad.
- Neurotoxicidad, inmunotoxicidad u otros efectos retardados.
- Toxicidad para organismos superiores y microorganismos terrestres y acuáticos.
- Otros que las autoridades competentes definan como criterios de riesgo de toxicidad humana o para el ambiente.

Además se considera residuo o desecho tóxico, aquel que, al realizársele una prueba de lixiviación para característica de toxicidad (Conocida como prueba TCLP), contiene una o más de las sustancias, elementos o compuestos que se presentan en concentraciones superiores a los niveles máximos permisibles en el lixiviado establecidos en la tabla 1.

Tabla 1. CONCENTRACIONES MÁXIMAS DE CONTAMINANTES PARA LA PRUEBA TCLP

PARÁMETRO	Unidades	DECRETO 4741/05
Arsénico	mg/l	5,0
Bario	mg/l	100
Cadmio	mg/l	1,0
Cromo	mg/l	5,0
Plomo	mg/l	5,0
Mercurio	mg/l	0,2
Selenio	mg/l	1,0

PARÁMETRO	Unidades	DECRETO 4741/05
Plata	mg/l	5,0

Lodos de la PTAR

Hasta el año 2003 la legislación ambiental colombiana no contaba con una norma específica que reglamentara el manejo, la disposición y uso final de los lodos y biosólidos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por tal razón las entidades encargadas del manejo y administración de los recursos naturales ejercían control sobre la disposición y manejo de estos residuos con normas alternativas referentes a residuos sólidos peligrosos y vertimientos al ambiente.

En el año 2003 el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, estableció ciertos parámetros de calidad para compost y abonos orgánicos en la Norma 5167, para ser implementados en la agricultura, tal como se muestra en la tabla 2. En la norma se especifica que la procedencia del compost es de la combinación de abonos minerales y orgánicos provenientes de lodos de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 2. Parámetros Establecidos en la NTC 5167 para un Abono Orgánico

Parámetro	Valor
Humedad (%)	<15
N total+P ₂ O ₅ +K ₂ O	>10
CaO + MgO	Reportar
Densidad	
Ph	
Sodio	
Conductividad Eléctrica	
Arsénico mg/Kg	15
Cadmio mg/Kg	0,7
Cromo mg/Kg	70
Mercurio mg/Kg	1,0
Níquel mg/Kg	25
Plomo mg/Kg	140

Fuente: NTC 5167

En un trabajo interinstitucional reciente realizado entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2004), han venido desarrollando un decreto mediante el cual se dictan las regulaciones para el aprovechamiento de los biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y el de los materiales orgánicos estabilizados resultantes del proceso de digestión de la fracción

orgánica presente en los residuos sólidos urbanos, para su aplicación como abono orgánico, enmienda orgánica no húmica o acondicionador de suelos, su empleo en sistemas de disposición final de residuos o su utilización en sistemas de control ambiental.

Inicialmente se establece la llamada línea base que corresponde a los metales que contiene el suelo en su estado natural, tal como se muestra en la Tabla 3. No es posible la aplicación de biosólidos o materiales orgánicos estabilizados si al hacer el uso de los mismos supera alguno de los valores definidos en esta tabla.

Tabla 3. Condiciones de línea base para el suelo

Parámetro	Valor de referencia (mg/Kg suelo base seca)
Zinc	200
Cadmio	1,5
Cromo	100
Mercurio	1
Níquel	50
Plomo	100
Cobre	60

Fuente: Minambiente, Minagricultura 2004

Con el fin de definir los usos de los biosólidos se establecen dos categorías de acuerdo con las condiciones de calidad sanitaria y ambiental a partir de sus características físicas, químicas y microbiológicas:

Categoría A y B. Corresponde a los biosólidos que cumplen con las características definidas en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros físico - químicos y microbiológicos de biosólidos

Parámetro	Categoría A		Categoría B
	Valor de Referencia		Valor de Referencia
Contenido de humedad (%)	≤35.0		≤70.0
Contenido de cenizas (%)	≤60.0		-
Contenido de carbono orgánico oxidable total (%)	>15.0		-
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	>30.0		>20.0
Capacidad de retención de humedad (%)	>100.0		>100.0
pH (Unidades)	4.0<pH<9.0		4.0<pH<9.0
Densidad real (g/cm ³) Base seca	<0.6		<0.6
N total+P ₂ O ₅ +K ₂ O (%)	Declararlos si c/u es >1.0		
METALES			
	Valor de Referencia Máximo (mg/Kg de biosólido base seca). Uso agrícola para la obtención	Valor de referencia máximo (mg/Kg de biosólido base seca) Uso agrícola para la obtención de Productos agropecuarios convencionales y otros usos	Valor de referencia

Parámetro	Categoría A		Categoría B
	Valor de Referencia		Valor de Referencia
	de productos agropecuarios ecológicos		
Arsénico (As)	15,0	41,0	75,0
Cadmio (Cd)	0,7	39,0	85,0
Cromo (Cr)	70,0	1200,0	3000,0
Mercurio (Hg)	0,4	17,0	57,0
Níquel (Ni)	25,0	420,0	420,0
Plomo (Pb)	45,0	300,0	840,0
Selenio (Se)	15,0	36,0	100,0
MICROBIOLÓGICO			
	Valor de referencia		Valor de referencia
Salmonella sp.	Ausente en 25 g de muestra de producto final		<100E(+3) NMP/g de Prod. Final – Base seca
Coliformes fecales	<100E(+3) NMP/g – UFC/g de Prod. Final – Base seca		<100E(+6) NMP/g – UFC/g de Prod. Final – Base seca
Huevos de Helminthos	<1 Huevo de Helmintoviable/4g de Prod. Final – Base seca		-
E. Coli	Reportar resultado		-

Fuente: Minambiente, Minagricultura 2006

PLAN DE MUESTREO

Con el fin de garantizar que los resultados obtenidos durante el monitoreo del residuo de lodos de la PTAR, sean representativos del total de la producción y no de la muestra aleatoria, se diseñó el siguiente plan de monitoreo para el residuo caracterizado en la empresa Comestibles La Rosa.

UNIDAD DE MUESTREO

La unidad de muestreo contempla la cantidad del residuo generado el día de muestreo por el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa Comestibles La Rosa.

DISEÑO DEL MUESTREO Y PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestra del residuo evaluado se realizó utilizando el método de muestreo aleatorio simple y compuesto. El procedimiento utilizado para la toma de la muestra del residuo consistió en:

- **LODOS PTARI**

La toma de muestra del residuo evaluado se realizó utilizando el método de muestreo aleatorio simple. El procedimiento utilizado para la toma de la muestra consistió en:

Cuantificar la cantidad almacenada de residuo

La producción de lodos es variable porque depende de las purgas que se haga del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. La toma de la muestra de los lodos provenientes de la PTARI, se realizó a partir de la producción de lodos del día de muestreo que corresponde a 1,0 Ton/día

Tabla 5. Cantidad de residuo generado

TIPOS DE RESIDUOS	PROCESO/ETAPA QUE GENERA RESIDUO	CANTIDAD Ton/día
Lodos PTARI	Provenientes de la PTARI	1,0

A partir de la cantidad del lodo generado el día del muestreo, se procedió a tomar submuestras de diferentes puntos del total del lodo depositado en el lecho de secado, hasta obtener una cantidad de 6,0 kilogramos de muestra aproximadamente.

La muestra de residuo de 6,0 Kg, fue esparcida en el suelo y con la ayuda de una pala se homogenizó formando un círculo. Posteriormente se procedió a dividir el círculo en cuatro (4) partes, de los cuales se retiraron dos (2) de los extremos del círculo. De estos dos extremos se obtuvieron muestras que nuevamente fueron esparcidas en círculo y homogenizadas para dividir las en cuatro (4) partes nuevamente y se procedió a retirar los extremos contrarios del círculo, este procedimiento se realizó tres (3) veces, posteriormente se obtiene la muestra integrada de este nuevo círculo para ser homogenizado. Finalmente de la muestra homogénea se toman 4 muestras de 200 gramos, con duplicado del residuo para ser analizados en el Laboratorio de Análisis Ambiental LTDA.

EQUIPOS Y MATERIALES

Los equipos y materiales empleados durante el monitoreo fueron:

Palustre, palas, baldes, guantes, tablas de campo, cintas de seguridad para demarcación de la zona de trabajo, plásticos y recipientes de vidrio de 800 ml.

PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

El procedimiento de control implementado para asegurar que los resultados del laboratorio sean técnicamente confiables y estadísticamente válidos son la carta de custodia y la toma de muestra por duplicado.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Al residuo recolectado para ser evaluado bajo el decreto 4741/05 se le practicaron los siguientes análisis de Laboratorio:

Toxicidad: Cadmio, Plomo, Mercurio, Arsénico, Cromo, Plata, Selenio, Bario.
Corrosividad (pH). Inflamabilidad. Reactividad en Cianuros/Sulfuros y reactividad en Agua/Ácido.

Los métodos utilizados fueron los siguientes:

TOXICIDAD (Metales): EPA 1311

INFLAMABILIDAD: ASTM D 93.

CORROSIVIDAD: PONTENCIOMÉTRICO

REACTIVIDAD EN CIANURO: EPA 9014

REACTIVIDAD EN CIANURO Y SULFURO: EPA 9034

REACTIVIDAD EN AGUA / ÁCIDO: AGUA / ÁCIDO

Análisis de laboratorio por composición

Coliformes fecales y totales, salmonella, humedad, pH, densidad, potasio total, potasio soluble, cenizas, conductividad, pérdida por volatilización materia orgánica, cadmio,

plomo, mercurio, arsénico, cromo, plata, selenio, níquel, sodio, calcio, cobre, hierro total, aluminio, zinc, magnesio, fósforo, organoclorados, organofosforados, nitrógeno total, carbono orgánico total, capacidad de intercambio catiónico, sólidos totales, fósforo soluble, relación carbono nitrógeno.

RESULTADOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

RESULTADOS DE LABORATORIO

En la Tabla 6, se presentan los resultados de los análisis de laboratorio obtenidos en las muestras waipes contaminados con aceites y lubricantes y lodos residuales de la preparación de agroquímicos.

Tabla 6. Resultados análisis de laboratorio del residuo analizado bajo el decreto 4741/05

Parámetro	Unidades	Lodos PTARI	Decreto 4741/05
CORROSIVIDAD	-	7,2	≤ 2 ó ≥ 12.5
INFLAMABILIDAD	T° C	> 82	< 60° C
TOXICIDAD			
Cadmio	mg Cd/L	< 0,01	1,0
Plomo	mg Pb/L	< 0,01	5,0
Mercurio	mg Hg/L	< 0,001	0,2
Arsénico	mg As/L	< 0,1	5,0
Cromo	mg Cr/L	< 0,01	5,0
Plata	mg Ag/L	< 0,01	5,0
Selenio	mg Se/L	< 0,001	1,0
Bario	mg Ba/L	1,05	100
REACTIVIDAD			
Reactividad en Cianuro	mg/Kg	< 0,001	-
Reactividad en Sulfuro	mg/Kg	< 10	-
Reactividad en Agua	-	No reactivo	-
Reactividad en Ácido	-	No reactivo	

Tabla 7. Resultados análisis de laboratorio por composición del residuo analizado

Parámetro	Unidades	Lodos PTARI	Categoría A	Categoría B
			Valor referencia	Valor referencia
Humedad	92,9	%	≤ 35,0	≤ 70,0
pH	7,23	Unidades	4,0 < pH < 9,0	4,0 < pH < 9,0
Densidad	1,25	g/ml	< 0,6	< 0,6
Potasio Total	271,4	%	-	-
Potasio Soluble	178,7	%	-	-
Cenizas	4,6	%	≤ 60	-
Conductividad	3,9	μS/cm	-	-
Perdida por volatización (Materia Orgánica)	36,3	%	-	-
Nitrógeno Total	4,28	%	-	-
Carbono Orgánico Total (COT)	21,1	%	> 15.0	-
Capacidad de Intercambio Cationico	4,45	Cmol/Kg	> 30	> 20
Relación Carbono / Nitrógeno	4,92		-	-
Sodio	57,5	mg Na/Kg	-	-
Calcio	993,4	mg Ca/Kg	-	-
Magnesio	250,9	mg Mg/Kg	-	-
Fósforo	106,7	mg/Kg	-	-
Sólidos Totales	7,1	%	-	-
Fósforo Soluble	22,2	mg/Kg	-	-

Tabla 8. Resultados análisis de laboratorio por composición del residuo analizado

Parámetro	Lodos PTARI	Unidades	CATEGORIA A	CATEGORIA A	CATEGORIA B
			Valor de referencia máximo (mg/Kg) de biosólido base seca	Valor de referencia máximo (mg/Kg) de biosólido base Secca	Valor de referencia (mg/Kg)
Cadmio	< 0,03	mg Cd/Kg	0,70	39,0	85,0
Plomo	2,5	mg Pb/Kg	45,0	300	840
Mercurio	< 0,01	mg Hg/Kg	0,40	17,0	57,0
Arsénico	< 0,01	mg As/Kg	15,0	41,0	75,0
Cromo	< 0,01	mg Cr/Kg	70,0	1200	3000
Plata	< 0,05	mg Ag/Kg	-	-	-
Selenio	< 0,05	mg Se/Kg	15,0	36,0	100
Níquel	1,7	mg Ni/Kg	25,0	420	420
Cobre	5,1	mg Cu/Kg	1500	-	4300
Hierro total	6723,7	mg Fe/Kg	-	-	-
Aluminio	1667,8	mg Al/Kg	-	-	-
Zinc	49,1	mg Zn/Kg	2800	-	7500
Órgano clorados	< 0,05	mg/Kg	-	-	-
Órgano fosforados	< 0,005	mg/Kg	-	-	-

Tabla 9. Resultados análisis microbiológicos de los lodos de la PTAR

PARÁMETRO	Lodo Residual de la PTARD	Unidades	Min Ambiente – Min Agricultura/06 Categoría A	Min Ambiente – Min Agricultura/06 Categoría B
Coniformes Fecales	$3,3 \times 10^4$	NMP/100 ml	< 100 (+3)	< 100 (+6)
Coniformes Totales	$9,2 \times 10^5$	NMP/100 ml	-	-
Salmonella	Ausencia	25/g	Ausente en 25 g de muestra	<100 (+3)

ANEXO 2

INFORME DEL LABORATORIO AGRILAB PARA ABONOS ORGÁNICOS

Requisitos establecidos para comercializar abonos orgánicos estipulados en la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Artículo 7 Decreto 4741 de 2005, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establece los criterios para identificar los residuos tóxicos, definiendo las concentraciones máximas de contaminantes.

Con base en los análisis de laboratorio, se muestra el comportamiento de los residuos evaluados con respecto a los límites permisibles establecidos en el Decreto 4741/05.

- **CORROSIVIDAD**

La medición de pH de la muestra analizada fue de 7,2 Und., el resultado indica que estos residuos cumplen con la norma para el parámetro corrosividad ($\text{pH} < 2$ Und y $\text{pH} > 12,5$ Und).

Tomando como referencia la norma se puede concluir que los residuos analizados no presentan características corrosivas.

- **INFLAMABILIDAD**

El residuo de lodo proveniente de la PTARI, presenta un punto de inflamación mayor de $84,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. El Decreto 4741/05, en la clasificación de residuos peligrosos establece que un residuo sólido es inflamable si: “Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25°C y presión de 1,0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego”. Tomando como referencia la norma se puede concluir que el residuo no presenta características de inflamabilidad.

- **TOXICIDAD**

Las concentraciones obtenidas de Cadmio, Plomo, Mercurio, Arsénico, Cromo, Plata, Selenio y Bario, en el residuo analizado, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto 4741/05 expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de acuerdo a lo consignado en la tabla 1.

- **REACTIVIDAD**

El residuo analizado, no presenta características de reactividad cuando se mezcla con Agua/ácido. Lo cual indica que este residuo no presenta la característica de generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños en la salud humana o al ambiente cuando se mezclan con agua.

El residuo analizado contiene sustancias tales como cianuros y sulfuros en concentraciones de < 0,001 mg HCN/Kg y 10 mg H₂S/Kg.

Los lodos residuales de la PTARD serán comparados con las características sanitarias de un biosólidos de acuerdo con lo indicado por el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura.

De los resultados presentados en la Tabla 8 se observa que las concentraciones por composición de metales pesados obtenidas en el residuo analizado son menores a los clasificados como categoría A, estos pueden ser manejados, distribuidos y aún comercializados en bolsas. De los resultados obtenidos para coliformes fecales y salmonella este lodo clasifica como categoría A.

Estos podrán aplicarse a cualquier medio tal como: jardines de casa, invernaderos, campos de golf, parques recreativos, etc. .

Los biosólidos de clase B pueden ser usados en recuperación de suelos, plantaciones forestales, cultivos que no se consuman directamente y cobertura de rellenos sanitarios; sin embargo, las concentraciones de indicadores de contaminación fecal limitan su aprovechamiento por un tiempo en cultivos agrícolas de consumo directo como las hortalizas.

Con respecto al número de caracterizaciones que se deben realizar a los biosólidos, la norma EPA 40 CFR 503 recomienda la frecuencia en función de la producción de las plantas de tratamiento, tal como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Frecuencias de caracterización de biosólidos.

Producción de la planta de tratamiento de aguas residuales (Ton/año) (Producción en base seca)	Frecuencia de muestreo
Menor de 300	Anual

Entre 301 y 1500	Trimestral
Entre 1501 y 15000	Bimensual
Más de 15001	Mensual

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las características encontradas en los residuos analizados se concluye lo siguiente:

- El residuo de lodo proveniente del Filtro Prensa PTARI, no presenta características de inflamabilidad y Corrosividad.
- En el residuo escoria de fundición de plomo, se obtuvo un valor de pH de 12,5 unidades. El residuo de escoria proveniente del proceso de fundición no presenta características de inflamabilidad.
- Las concentraciones de Plomo, Arsénico y Selenio obtenidas en el residuo de torta de lodo PTARI, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el Decreto 4741 de 2005.
- Las concentraciones de Cadmio, Plomo, Mercurio, Arsénico, Cromo, Plata, Selenio y Bario, obtenidas en el residuo de escoria de fundición de Plomo, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles establecidos en el Decreto 4741 de 2005.
- Los residuos analizados no presentan características de reactividad cuando se mezclan con agua.

De acuerdo con los resultados por composición obtenidos en los lodos residuales de la PTARI, se concluye lo siguiente:

- Las concentraciones de metales pesados obtenidas en el residuo analizado lo clasifican como categoría A, lo que indica que este residuo puede ser aplicado sin ninguna restricción.

PARTICIPANTES DE ESTE ESTUDIO

Ingeniera PAOLA A. NATES D.

Ingeniero de Proyectos

Técnico ALEX PIZARRO

Asistente de Ingeniería II

ADRIANA MARÍA GÓMEZ

Asistente Ingeniería III

Químico DIEGO FERNANDO FRANCO

Dir. Técnico de Laboratorios

Químico CARLOS HURTADO

Analista Química

JULIANA ECHEVERRY

Bacterióloga

Elaboró



Ing. Néstor Saúl Vivas G.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	79
2	OBJETIVO	79
3	ANTECEDENTES	79
4	PLAN DE MUESTREO.....	85
4.1	UNIDAD DE MUESTREO	85
4.2	DISEÑO DEL MUESTREO Y PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS....	85
4.3	EQUIPOS Y MATERIALES.....	87
4.4	PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	87
5	ANALISIS DE LABORATORIO.....	87
6	RESULTADOS ANALISIS DE LABORATORIO.....	88
6.1	RESULTADOS DE LABORATORIO	88
7	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93

ANEXO 2

CERTIFICADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

ANEXO 3
GESTIÓN AMBIENTAL SECTORIAL Código: FO-18R-13
REGULACIÓN Y CONTROL DE LA DEMANDA AMBIENTAL
RESOLUCIÓN DE CONCESIÓN DE AGUAS Y PERMISO DE VERTIMIENTO O DE
INFILTRACIÓN
RESOLUCIÓN N° 1437

Por la cual se renueva una concesión para el uso de aguas subterráneas y el permiso de vertimientos líquidos industriales

La Subdirectora de Gestión Ambiental Sectorial (encargada) de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER, en uso de las atribuciones que le confiere la Resolución 1565 de 2007 y la resolución 1339 de 2.008, expedida por el Director General, y

CONSIDERANDO:

A) Que por medio de oficio CARDER 092073 de marzo 3 de 2008, la empresa FABRICA DE COMESTIBLES LA ROSA S.A., identificada con el NIT 860.002.553-0, y representada legalmente por el señor JULIÁN FLOREZ LOAIZA, solicitó la prórroga de la concesión de aguas subterráneas para beneficio de la empresa, ubicada en la calle 29 N° 10-215, jurisdicción del municipio de Dosquebradas, de igual forma solicitó el permiso para verter las aguas residuales industriales provenientes de la misma.

B) Que del contenido de la documentación presentada por la solicitante y de los Conceptos Técnicos 681 del 30 de mayo y 942 del 21 de julio de 2.008, se desprende que:

La Empresa solicita la prórroga de los permisos de concesión de aguas subterráneas y el respectivo permiso de vertimientos industriales que habían sido otorgados mediante la resolución 587 de abril de 2003 y remite información sobre parámetros PTAR y consumo de agua del pozo mediante oficio 93630 de mayo 19 de 2008 y copia de registro de Cámara de comercio con el oficio 93963 de junio 3 de 2008 , y que en la visita realizada el 23 de junio de 2008, encontramos que:

Agua para el proceso: Requiere concesión del pozo identificado como RIPE P202 construido

dentro de las instalaciones de la fábrica.

- Existe un pozo antiguo identificado como RIPE P -201 que no está siendo utilizado porque se encuentra colapsado pero que hace parte de la red de monitoreo de la CARDER de pozos profundos.
 - El pozo cuenta con sistema de protección sanitaria adecuada (piso en concreto, cerramiento y techo), tubería para medición de niveles y medidor de caudal.
-

Caudal a otorgar. De acuerdo con los caudales reportados por la empresa, las necesidades de agua para la Industria y personal son satisfechas con un caudal máximo de 5.5 l/s. Sin embargo para considerar las actividades de expansión de producción, se sugiere otorgar en concesión un caudal de 10 l/s, como margen de seguridad.

Manejo de Vertimientos Líquidos

- Las aguas residuales del proceso productivo de elaboración de galletas, chocolatería y otros comestibles, son conducidas junto con las aguas residuales domésticas del personal que labora en la empresa (cerca de 600 personas) a una planta de tratamiento de aguas residuales basada en tecnología de lodos activados.
 - La PTAR industriales y domésticas, se compone de: una unidad de bombeo, separador de grasa por flotación, reactor biológico de lodos activados de flujo constante, sedimentador secundario con recirculación de biomasa, estructura de salida y vertedero de aforo y entrega a cámara de alcantarillado del municipio de Dosquebradas. Para manejo de los lodos resultantes de los diversos componentes de la PTAR, se cuenta con lechos de secado, provistos de techo y red de fraccionamiento de la torta de lodo, para optimizar el secado.
 - El caudal de aguas residuales que ha ingresado a la PTAR en el último año asciende a los 3,0 lps.
 - La PTAR ha presentado a lo largo de los años un comportamiento estable con remociones de carga en el último año para la DQO entre 98,0 – 99,8%; DBO5 entre 98,8 – 99,8 %; SST entre 93,5 – 99,1% y Gy A entre 91,7 – 97,1 %. Lo anterior indica que la planta supera las normas de vertimiento establecidas de tiempo atrás por la CARDER.
 - Los Reportes de control operación, del cuatrimestre enero-abril-08, corroboran lo mencionado para los parámetros de DQO, Dbo5 y SST que permanecen por encima del 92% de remoción y llegan hasta el 99%, en algunos casos. Para el parámetro GyA, se observan remociones del 83 y 85% en los meses de marzo y abril, posiblemente por cambios operativos relacionados con el personal.
 - Así mismo, puede estabilizarse en corto tiempo, ante la ocurrencia de problemas de operación, dado que la empresa cuenta con personal calificado y capacitado en el proceso de tratamiento que se desarrolla con ésta tecnología.
 - Se considera importante continuar con los monitoreos de control de operación de la planta, llevados a cabo por personal debidamente acreditado; al igual que los estudios de caracterización representativa de los vertimientos, adelantados por ente externo a la empresa, idóneo para éste tipo de trabajo profesional.
 - El usuario ha dado cumplimiento cabal a sus obligaciones ambientales, ha allegado los reportes con la frecuencia solicitada por ésta autoridad ambiental y ha notificado oportunamente acerca de la ocurrencia de eventos que pudieron alterar el desempeño de la planta o de sus componentes.
- Separación de efluentes ARD y ARI.
-

- Frente a la expectativa de la empresa de efectuar separación de efluentes domésticos de los industriales, la entidad manifestó en comunicación 87875 de octubre 9 de 2007, que no tenía claridad sobre la iniciativa por cuanto la PTAR cuenta con suficiente capacidad (el caudal de diseño es muy superior al trabajado en la actualidad) y excelente desempeño, de acuerdo con datos del usuario y propios. Así mismo, conceptuó que como mejoras de tipo ambiental para incorporar a la gestión de la empresa, se podía estudiar los temas: reducción de carga en términos de nutrientes y/o contenido bacteriológico; reuso seguro del efluente tratado en labores ajenas a la producción de alimentos, pero requeridas en el establecimiento, o bien usos y aplicación de los lodos obtenidos en la planta.

- En el reporte de control de operación del cuatrimestre 1 de 2008, recibido con la comunicación

93630 de mayo 19 de 2008, se indica que a partir del mes de abril de 2008, se han separado los vertimientos de la empresa y la planta está recibiendo únicamente agua residual industrial, con un caudal efluente cercano a los 2,0 lps.; además que se está adicionando úrea y fósforo para suplir el déficit de micronutrientes que está presentando el sistema al haberle retirado la fuente de Nitrógeno del agua residual doméstica. Como confirmación de tal situación se menciona paso de floc a la salida del sedimentador y formación de algas.

- Lo anterior no es consecuente con lo informado a la Entidad en la visita practicada el pasado 23 de junio de 2008, acerca de la separación efectiva de efluentes industriales a nivel interno de fábrica, más no en la cámara final que conduce a la planta, donde continúan unidas y son tratadas en la actual PTAR.

- Es importante anotar que el parágrafo 1 del Artículo Segundo, de la resolución 587 de 2003, establece que toda modificación en el proceso productivo o en el sistema de tratamiento que incida en el vertimiento, tendrá que someterse a la aprobación previa de la CARDER. Por lo tanto, se establece desatención de la instrucción de la Entidad.

- La empresa no podrá optar por realizar vertimiento directo de las aguas residuales de los empleados de la fábrica, a la red de alcantarillado del municipio, sin tratamiento. Para retirar el vertimiento doméstico del tratamiento en la planta aeróbica actual, la empresa deberá tramitar la aprobación de los diseños de un nuevo sistema de tratamiento que los atienda, garantizando el alcance de las eficiencias de la planta actual.

- La empresa cuenta con dos tanques de almacenamiento de combustible de ACPM: El tanque de almacenamiento 1, tiene capacidad para 9000 galones y corresponde a la reserva de combustible para operar la planta eléctrica, en caso de requerirse; mientras que el No. 2, almacena 2450 galones y corresponde a la reserva para la planta de la red contra incendio, además de stock para la planta eléctrica.

- Se cuenta además con 3 tanques de gas propano, para la operación de la empresa.

- Todas las unidades exhiben piscinas de contención en buen estado.

- Control. La CARDER podrá efectuar caracterizaciones de control, con muestras compuestas, en fechas que estime conveniente, sin previo aviso al usuario.

- Tasas Reformativa. De conformidad con los decretos 3100 de 2003 y 3440 de 2004, el usuario será considerado el sujeto pasivo de la tasa reformativa y en consecuencia deberá aportar la información para el cálculo del monto a cobrar, indicada en el artículo 21 -Decreto 3440, donde se establece la presentación anual de la

autodeclaración de los vertimientos sustentada con una caracterización representativa para los parámetros DBO5 y SST.

Las condiciones y consideraciones para adelantar la caracterización en cuanto a plan de muestreo y calidad del ejecutor que establece la CARDER, son las mismas definidas para el estudio de caracterización completo, donde se evalúan los parámetros de control.

Durante la vigencia del acto administrativo, la Entidad para verificar la autodeclaración presentada y calcular el monto a cobrar por concepto de la TR, empleará los resultados del estudio de caracterización completa y representativa de los vertimientos, adelantado en la vigencia correspondiente, cuyo muestreo y estudio de caracterización hayan sido verificados y aprobados en su momento por la CARDER.

- Manejo de lodos PTAR. El manejo de lodos de los sistemas de tratamiento, se dispondrán como de costumbre en los lechos de secado. Los lodos obtenidos de las unidades de trampa de grasas, deben manejarse de forma especial, por lo que el usuario deberá allegar a la CARDER respaldo de la disponibilidad definida del servicio especial de aseo para la recolección, manejo y disposición final.

Deberá reportar la totalidad de lodos y residuos especiales generados en la empresa. El ente prestador debe contar con los permisos y autorizaciones ambientales para dicho servicio.

C) Que por disposición del artículo 88 del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, sólo puede hacerse uso de las aguas en virtud de concesión. Y el artículo 120 del mismo ordenamiento establece que las obras necesarias para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir el caudal de agua otorgado en concesión no podrán ser utilizadas mientras su uso no se hubiere autorizado.

D) Que el artículo 145 del Decreto –Ley 2811 de 1974 establece que cuando las aguas residuales no puedan llevarse al alcantarillado público, deberán ser tratadas mediante sistemas previamente aprobados. Y el artículo 72 del Decreto 1594 de 1984 fija las normas que debe cumplir todo vertimiento a un cuerpo de agua.

E) Que el numeral 9º del artículo 31 de la Ley 99 de 1993, asigna a las Corporaciones Autónomas Regionales la función de otorgar permisos para usar o afectar los recursos naturales renovables.

En mérito de lo expuesto, este despacho

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: Renovar a la SOCIEDAD FABRICA DE COMESTIBLE LA ROSA S.A., identificado con el NIT 860.002.553-0, propietaria del establecimiento industrial localizado en la calle 29 N° 10 – 215 del municipio de Dosquebradas, la concesión de agua subterránea obtenida del pozo RIPE P-202, en un caudal de 10 l/s l/ps . Las coordenadas del Pozo son X: 1155440, Y: 1026535 y H: 1432 msnm. Y así mismo aprobar las obras para la captación, conducción y almacenamiento del agua concedida a la Empresa, sujeto al cumplimiento de las siguientes obligaciones:

- Debe hacerse el envío del reporte diario de consumo (Cada mes o trimestre) en los primeros diez días del mes siguiente al periodo reportado.

- Se debe informar a la entidad con una antelación mínima de 15 días las fechas programadas para los mantenimientos del pozo, con el fin de realizar acompañamiento.
- Realizar la extracción de las aguas de modo que no se produzcan sobrante
- Mantener en condiciones óptimas los aparatos de medición y dar aviso en caso de sustitución.
- Permitir el acceso a los funcionarios encargados del seguimiento y facilitar las labores de inspección y vigilancia.
- Cuando se compruebe que las aguas del subsuelo se encuentren en peligro de agotamiento, de contaminación o si se modifican sustancialmente las circunstancias hidrológicas, se podrá decretar la caducidad de la concesión, limitar su uso u ordenar los trabajos necesarios.
- Con frecuencia anual deberá presentar a la CARDER los resultados de la calidad del agua extraída del pozo, determinado los siguientes parámetros: Calidad; pH,(unidades de pH); Temperatura, (grados centígrados); Turbiedad, (unidades nefelométricas de turbiedad); OD, mg/l O₂; Conductividad eléctrica,(μmhos/cm); ST, (mg/l); SST, (mg/l); Fe,(mg/l); Ca, (mg/l); Mg, (mg/l); Cl, (mg/l); SO₄, (mg/l); Na, (mg/l); K, (mg/l); HCO₃, (mg/l); Nitratos, (mg/l NNO₃), Fosfatos, (mg/l P-PO)₄; Coliformes Totales y Fecales, (UFC/100 ml).
- Las muestras serán tomadas siguiendo los protocolos para muestreo de aguas subterráneas establecidos por el IDEAM y adaptados por la CARDER. El almacenamiento, transporte y preservación, siguiendo los protocolos del Estándar Métodos.
- El pozo RIPE P-201, empleado para monitoreo, deberá acondicionarse con tapa en la boca del pozo y techo para evitar ingreso de aguas lluvias.
- La Entidad, previa identificación, deberá tener libre acceso, para la ejecución de la medición.

ARTÍCULO SEGUNDO: Renovar el permiso de vertimientos líquidos al usuario, para los efluentes industriales y domésticos tratados en la planta de tratamiento actual y sujeto a las siguientes condiciones:

- Incorporar de manera inmediata las aguas residuales domésticas del personal de la empresa a la planta actual de lodos activados en el punto de entrada a la planta, para su tratamiento.
 - No podrá variar la condición de tratamiento hasta tanto la empresa no obtenga el trámite respectivo (aprobación y permiso) para la separación de los vertimientos domésticos de los residuales, lo cual implica la presentación de un proyecto de ingeniería de un nuevo sistema de tratamiento, garantizando el alcance de las eficiencias de la planta actual. La desatención constituye infracción.
 - El sistema deberá conservar las eficiencias actuales presentadas.
 - La permissionaria deberá emplear los mejores métodos para que la descarga cumpla con las normas de vertimiento.
 - Con frecuencia de 4 meses, presentará informe de control y operación de la planta de tratamiento (instrumento de verificación, corrección y ajuste para el usuario, del desempeño de las unidades del STAR), adelantado con muestreo compuesto, mínimo de dos horas y máximo de 4, siguiendo los protocolos para garantizar la calidad del dato. Los parámetros que se solicitan (generales y específicos) serán los que permitan
-

identificar problemas de desempeño para cada unidad de tratamiento construida: Caudal, pH, temperatura, SST, ST, DBO5, DQO, Grasas y Aceites; además de Oxígeno Disuelto, SSV, S. Sed.; IVL, en el reactor de lodos activados.

- La frecuencia de medición máxima será mensual y el reporte deberá presentar tanto los datos y cálculos mensuales como el promedio del cuatrimestre. El informe indicará la hora de la toma, el tiempo de composición y la producción diaria del día de la medición.

Éstos reportes en ningún momento suplirán el (los) estudio (s) de caracterización.

ARTÍCULO TERCERO: Con objeto de verificar que el sistema de tratamiento construido por el usuario cumple con las normas de vertimiento, éste deberá presentar a la CARDER con frecuencia

anual, los resultados de un estudio de caracterización completa, adelantado por consultor externo

a la empresa (muestreo, mediciones, análisis de laboratorio, estudio) efectuado por profesionales y laboratorios debidamente acreditados, el cual será considerado por la CARDER como el estudio

técnico principal que será empleado tanto para verificar el cumplimiento de las normas de vertimiento establecidas como para la aplicación de la tasa retributiva por vertimientos. El muestreo y el estudio se sujetarán a las siguientes condiciones:

- Puntos de muestreo aguas de proceso y del personal: Afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa.

- Parámetros a evaluar en ambos puntos: Caudal, lps; Temperatura, grados centígrados; pH, unidades de pH; DQO, mg/l; DBO5, mg/l; ST, mg/l, SST, mg/l; Grasas y Aceites, mg/l. En el reactor aerobio deberá determinarse: OD, mg/l; pH, unidades de pH; SSV, mg/l; S.Sed, ml/l.

- La caracterización se llevará a cabo durante tres días de funcionamiento normal del establecimiento y de los sistemas de tratamiento. Las muestras se integrarán a 4 horas con alícuotas del caudal medido cada 30 minutos, durante una jornada mínima de 8 horas por día.

- Las fechas de toma de muestras y aforos (días y horas) se pondrán en conocimiento de la CARDER con una antelación no inferior a 15 días, para efecto de adelantar la respectiva verificación.

- El estudio con los resultados deberá contener por lo menos: objetivos, plan de muestreo, localización de los puntos de muestreo, parámetros de campo y laboratorio, determinación de cargas contaminantes parciales y totales, eficiencias de los sistemas en la remoción de los parámetros de control, balance hídrico y de cargas, condiciones de calidad del reactor aerobio; análisis de resultados, correlaciones, conclusiones y recomendaciones a la luz de las normas ambientales, respaldado por profesional debidamente acreditado.

ARTÍCULO CUARTO: El sistema de tratamiento tendrá que garantizar el cumplimiento de las siguientes normas:

pH 5 a 9 unidades

Temperatura 40° C

Material flotante Ausente

Grasas y aceites Remoción _____ 80% en carga

Sólidos suspendidos Remoción _____ 80% en carga

DBO5 Remoción _____ 80% en carga

PARÁGRAFO: Se deberán emplear los mejores métodos para garantizar su cumplimiento. No podrán variarse los diseños presentados y aprobados, sin autorización de la autoridad ambiental.

ARTÍCULO QUINTO: La concesión otorgada y el permiso de vertimiento tendrá una vigencia de

5 años que podrá ser prorrogada si el interesado así lo solicita antes de su vencimiento.

ARTÍCULO SEXTO: Serán causales de caducidad de la concesión y de revocatoria del permiso:

- a) La cesión del derecho al uso del recurso sin autorización previa.
- b) El destino de la concesión para uso diferente al señalado.
- c) El incumplimiento, por parte de la titular, de las condiciones establecidas.
- d) La imposición al beneficiario de sanción de multa en dos oportunidades, por infracciones de las normas protectoras del recurso hídrico relacionadas con las actividades del predio.
- e) No usar la concesión durante dos años.
- f) La disminución progresiva o el agotamiento del recurso.

PARÁGRAFO: Antes de la declaratoria de caducidad de la concesión y revocatoria del permiso, se notificará personalmente al beneficiario la causal o causales aducidas quien dispondrá de un término de 15 días hábiles para subsanar la falta o formular su defensa.

ARTÍCULO SÉPTIMO: El peticionario deberá elaborar y presentar el respectivo plan de contingencia para los almacenamientos de combustibles identificados en la empresa, cuyos requisitos se encuentran en la Guía del Usuario, en un plazo de dos meses, en el que se contemplen los siguientes aspectos:

- Hacen parte del plan las acciones preventivas, las obras de manejo para derrames y emisiones, las de monitoreo y las acciones de remediación. Los lodos obtenidos de las unidades de separación tipo API (trampas de aceites) y el material recuperado, se identifica como residuo peligroso y por tanto, debe manejarse de forma especial, por lo que el usuario deberá allegar a la CARDER respaldo de la disponibilidad definida del servicio especial de aseo para la recolección, manejo y disposición final. Los materiales de desecho impregnados o contaminados con aceites, grasas, lubricantes, combustibles y similares que incluyen borras, natas, implementos y contendedores, serán calificados como tales. En el plan se deben reportar la totalidad de residuos especiales generados.
- El ente prestador debe contar con los permisos y autorizaciones ambientales para dicho servicio.

ARTÍCULO OCTAVO: Contra la presente resolución procede el recurso de reposición ante el suscrito funcionario, del cual habrá de hacerse uso, por escrito, dentro de los cinco (5) días siguientes a su notificación personal, a la desfijación del edicto, o a su publicación, según sea el

caso.

PARÁGRAFO 1: La presente resolución será notificada personalmente a la sociedad Comestibles

La Rosa a través de su representante legal señor Julián Florez Loaiza para lo cual se enviará oficio de citación en la siguiente dirección Calle 29 N° 10-215 del municipio de Dosquebradas Tel: 3228221

Dada en Pereira, el 17 de octubre de 2008

NOTIFÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

NHORA LUZ GIRALDO DE GÓMEZ

Subdirectora de Gestión Ambiental Sectorial (ENCARGADA)
