



**UNIVERSIDAD
DON VASCO, A.C.**

UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

INCORPORACIÓN No. 8727-35

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA DE PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

AGROPECUARIO

**EL TRATAMIENTO AUTOSUSTENTABLE
DE LAS AGUAS RESIDUALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**LICENCIADO EN PLANIFICACIÓN PARA
EL DESARROLLO AGROPECUARIO**

PRESENTA:

ELEAZAR FLORES GALVAN

ASESOR: **ING. CARLOS ZÚÑIGA MAGAÑA**

URUAPAN, MICHOACÁN. JUNIO DE 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria y Agradecimientos

Con todo mi amor para mi esposa, Ma. De Los Ángeles Alonso Torres y a mis hijos, Rodrigo Flores Alonso y Ángela Susana Flores Alonso, que significan mi felicidad y el motor que me impulsa cada día para redoblar mi esfuerzo para ser una mejor persona y un profesional más capacitado, ya que, sin su ayuda, comprensión, amor, cariño, y sobre todo paciencia difícilmente habría logrado terminar éste proyecto y muchos más y porque siempre me han apoyado para superar los retos que la vida me presenta.

Mi agradecimiento y cariño a mis padres Eleazar Flores Figueroa y Socorro Galván Arévalo, por darme la vida y ofrecerme los medios para conocer los valores familiares y tener una educación valiosa que me permitió formar una familia fundamentada en esos valores.

Mi más sincero agradecimiento a todos mis maestros que hicieron su mejor y muy profesional esfuerzo por compartir sus conocimientos y experiencias en cada una de las materias que imparten.

Con gran cariño a mi suegro Ildfonso Alonso Chávez y mi suegra Susana Torres Pineda por su apoyo incondicional.

Así mismo agradezco a mis familiares y amigos que de alguna manera contribuyeron y me acompañaron en éste y otros proyectos.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Dedicatoria y Agradecimientos | 1 |
| Marco de Referencia..... | 5 |
| Metodología, Método y Técnicas de Investigación..... | 8 |
| 1. Metodología | 8 |
| 2. Método | 8 |
| 3. Técnicas de Investigación..... | 9 |
| Delimitación, Lugar y Periodo..... | 10 |
| Introducción | 11 |
| Justificación | 13 |
| Objetivo general | 14 |
| Objetivos Específicos | 15 |
| Capítulo I..... | 16 |
| 1.1 Las Aguas Residuales..... | 16 |
| 1.2 El Saneamiento de Las Aguas Residuales..... | 16 |
| 1.3 Situación Mundial Respecto al Acceso al Saneamiento de Aguas Residuales. | 17 |
| 1.4 Situación en México Respecto al Saneamiento de Aguas residuales..... | 17 |
| 1.5 Situación en Michoacán Respecto al Saneamiento de las Aguas residuales | 18 |
| 1.6 Marco Legal | 19 |
| 1.7 Las Normas que establecen los Límites Máximos de Contaminantes de las Descargas de Aguas residuales en México..... | 21 |
| 1.7.1 NOM-001-SEMARNAT-1996 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales. | 22 |
| 1.7.2 NOM-002-SEMARNAT-1996 Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales a los Sistemas de Alcantarillado Urbano o Municipal..... | 24 |
| 1.7.3 NOM-003-SEMARNAT-1996 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes Para las Descargas de Aguas Residuales Tratadas que se Reúsen en el Servicio Público. | 25 |
| Capítulo II..... | 27 |
| 2.1 La Reutilización de Las Aguas residuales..... | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.2 Los Procesos de Tratamiento de Las Aguas Residuales | 29 |
| 2.3 El Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales | 30 |
| Capítulo III..... | 33 |
| 3.1 El Agua Residual Como Abono Orgánico | 33 |
| 3.1.1 Los Abonos Orgánicos..... | 33 |
| 3.2 El Agua residual y la Agricultura..... | 34 |
| Capítulo IV..... | 37 |
| 4.1 Caso Empresa Comercializadora PAME SA de CV | 37 |
| 4.2 La Vinaza..... | 38 |
| 4.3 El Valor Nutritivo de La Vinaza de La Empresa Comercializadora Pame SA de CV..... | 39 |
| 4.4 Problemática de La Empresa Comercializadora PAME SA de CV | 41 |
| 4.4.1 Capacidad de Producción de la Empresa Comercializadora PAME SA de CV..... | 41 |
| 4.4.2 Condición Físico Química y Biológica de la Descarga de Agua Residual de la empresa Comercializadora PAME SA de CV..... | 44 |
| 4.5 Situación de La empresa Comercializadora PAME SA de CV Respecto al Volumen y Condición de su Descarga de Aguas Residuales..... | 45 |
| 4.6 Empresas Proveedoras Consultadas por la Empresa Comercializadora PAME SA de CV para Resolver Su Problemática..... | 46 |
| 4.6.1 La Empresa Arthrobacter SA de CV..... | 46 |
| 4.6.2 La Empresa Agro Eco SA de CV | 46 |
| 4.6.3 Proshimex Tecnologías Modernas en Agua SA de CV | 46 |
| 4.6.4 Technological Improvements | 46 |
| 4.6.5 Biopur Internacional | 46 |
| 4.6.6 ITSI Especialistas | 47 |
| 4.7 Análisis de las Propuestas para el Saneamiento de la Vinaza Generada por la Empresa Comercializadora PAME SA de CV..... | 47 |
| 4.8 Análisis de los Costos de Operación del Proceso de Tratamiento Biológico para la Vinaza de la empresa Comercializadora PAME SA de CV..... | 48 |
| 4.8.1 Descripción del Proceso Biológico Elegido por la empresa PAME SA de CV..... | 48 |
| 4.9 Conceptos de los Costos de Operación | 49 |
| 4.10 Resumen de Los Costos de Operación del Proceso de Tratamiento Biológico de la Vinaza..... | 52 |
| 4.11 La Auto Sustentabilidad del Proceso de Tratamiento de La Vinaza | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 4.12 Precio de la Vinaza Como Fertilizante Orgánico | 54 |
| Capítulo V..... | 58 |
| 5.1 Análisis de la Inversión en la Planta de Tratamiento Biológico de la Vinaza de la Empresa Comercializadora PAME SA de CV | 58 |
| 5.2 Descripción Técnica del Proyecto de Inversión..... | 58 |
| 5.2.1 Descripción del Proceso de Tratamiento | 58 |
| 5.3 Conceptos y Costos de la Inversión | 60 |
| 5.4 Análisis Financiero..... | 61 |
| 5.4.1 Depreciación de la Inversión | 61 |
| 5.4.2 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) | 65 |
| 5.4.3 Punto de Equilibrio | 65 |
| 5.4.4 Periodo de Recuperación | 65 |
| 5.5 Resumen De los Indicadores Financieros..... | 67 |
| Conclusiones | 68 |
| Glosario | 69 |
| Bibliografía | 71 |

Marco de Referencia

El saneamiento de las aguas residuales es la acción de remoción de contaminantes presentes en el agua utilizada para realizar las diferentes actividades económicas y sociales del hombre y ayuda de manera importante en el cuidado del medio ambiente; La necesidad de llevar a cabo esta acción surge desde el momento que se identifica que las aguas residuales incrementan los olores fétidos, la abundancia de fauna nociva y la proliferación de las enfermedades que coinciden con el contacto con las aguas contaminadas.

Llevar a cabo un proceso o acción de saneamiento de las aguas residuales siempre ha significado un costo económico desde invertir en infraestructura para su conducción fuera de las ciudades hasta someter a las aguas residuales a la remoción de los contaminantes con diferentes métodos, físicos, químicos y biológicos o combinados.

En la actualidad se han implementado diversos procesos de remoción de contaminantes de las aguas residuales, con diferentes objetivos; que van desde tan solo descargar el agua utilizada en condiciones que permitan evitar daños al medio ambiente y cumplir con las normas que emiten las autoridades, para evitar sanciones y multas, hasta aplicar procesos con la finalidad de reutilizar el agua residual tratada en sus actividades, ya sea en su proceso productivo o instalaciones sanitarias, y lo más común para riego de áreas verdes.

En la agricultura la escasez de agua ha llevado a los productores a hacer uso de las aguas residuales a su alcance; y esto ha traído experiencias positivas y negativas en su utilización. Las malas experiencias han sido las consecuencias de afectación negativa en la salud tanto de las personas que manejan las aguas residuales para el riego de sus cultivos como para los consumidores de sus productos, otra

experiencia negativa ha sido en la afectación en los suelos influyendo principalmente en el incremento de organismos patógenos, fauna nociva y permeabilidad del mismo. El incremento de estas experiencias no favorables se identifica en proporción al uso de aguas residuales no tratadas previamente. Las experiencias positivas son el incremento de la productividad de las parcelas por los altos contenidos de nutrientes presentes en la materia orgánica que tiene el agua residual y se ha logrado identificar que con un tratamiento previo se puede aprovechar esta condición.

En la actualidad los altos costos de operación de las diferentes plantas de tratamiento afectan directamente los costos de producción de las diferentes actividades económicas, así como los costos de mantenimiento de infraestructura de las entidades que están obligadas a sanear las aguas residuales, esta situación ha generado una desmotivación económica por llevar a cabo el saneamiento de las aguas residuales.

Con el presente trabajo, se pretende, analizar un ejemplo real, y comprobar si es posible, o no, dar auto sustentabilidad a la acción del tratamiento de aguas residuales. Para lograr el objetivo se consultaran documentos emitidos y publicados por organismos y autoridades relacionados en materia de saneamiento de aguas residuales, salud pública, riego agrícola y abonos y fertilizantes orgánicos y se analizara el caso de la empresa Comercializadora PAME SA de CV que actualmente busca solucionar su problemática de saneamiento de aguas residuales, dicha empresa fabrica alcohol, y se encuentra ubicada en la ciudad de Uruapan, Michoacán, de la cual se revisaran las propuestas de diferentes proveedores en materia de saneamiento de aguas residuales, se evaluara el costo de operación de la mejor opción, Las condiciones físico químicas de su agua residual, el valor nutritivo de la misma y se comparara con abonos orgánicos líquidos, para identificar si hay o no presencia de elementos que pueden ser aprovechados por las plantas, en su caso, identificar el valor económico que se le puede dar en la comercialización del agua residual de ésta empresa de tal manera

que se compruebe si el saneamiento de sus descargas de aguas residuales puede ser autosustentable o no.

Metodología, Método y Técnicas de Investigación

1. Metodología

Se tomó el enfoque del cuidado del medio ambiente como motor del desarrollo social y agropecuario, específicamente en el tema del saneamiento de las aguas residuales de la empresa Comercializadora PAME SA de CV, ubicada en el municipio de Uruapan, Michoacán, dedicada a la producción de alcohol para la elaboración de Charanda y Ron. Considerando los diferentes tipos de procesos de saneamiento propuestos a dicha empresa por sus proveedores, su costo económico, el impacto ambiental, la reutilización del agua residual como fertilizante, la comercialización de la misma y como consecuencia la auto sustentabilidad o no de esta actividad.

2. Método

El método utilizado para la investigación del caso particular para el presente trabajo, es analítico y comparativo entre las diferentes propuestas y sus ventajas y beneficios, puesto que se llevara a cabo un análisis de la situación de la empresa en sus condiciones cuantitativas y cualitativas de sus aguas residuales y su costos de operación del proceso de saneamiento de su agua residual que ofrezca las mejores condiciones para la empresa, con la finalidad de comprobar si dicha actividad puede ser auto sustentable al tener la posibilidad de comercializar su descarga de aguas residuales como fertilizante líquido, comparando y analizando con diferentes abonos líquidos orgánicos que se ofrecen en el mercado. Además, evitar el impacto negativo al medio ambiente y a la salud de los seres humanos, y cumplir con las normas establecidas por las autoridades en materia de descargas de aguas residuales.

3. Técnicas de Investigación

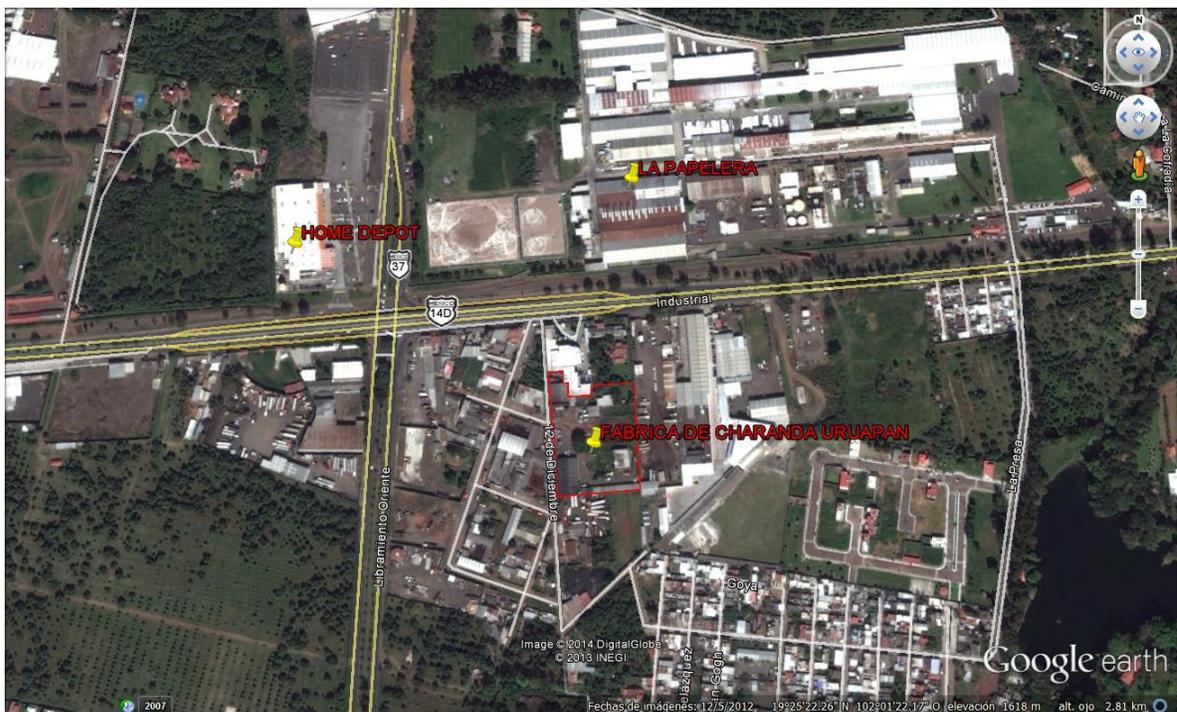
Las técnicas de investigación serán combinadas cuantitativas y cualitativas, se realizarán visitas de campo, se analizarán datos históricos, se realizarán entrevistas a los involucrados se llevará a cabo un comparativo de datos de casos particulares, se realizará una evaluación de costos de operación, análisis financiero, calidad de valores nutritivos, volumen de descarga, precios de venta de fertilizantes orgánicos y se harán conclusiones en un tiempo máximo de dos años.

Delimitación, Lugar y Periodo

Se delimita en el análisis de la problemática de descargas de aguas residuales originadas del proceso de fabricación de alcohol, para la producción de ron, charanda y destilado de tequila de la empresa que a continuación se describe y ubica.

La empresa Comercializadora PAME SA de CV es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alcohol, Charanda, Ron y destilado de Tequila. La empresa cuenta con una experiencia de más de 100 años por ser una tradición familiar de los socios. Su domicilio fiscal se encuentra en la calle Unión No. 11 Colonia Lázaro Cárdenas, de la Ciudad de Uruapan, Michoacán, México Y la ubicación física de la fábrica es $19^{\circ} 25' 26''$ N $102^{\circ} 01' 22.17''$ O a 1618 msnm.

El periodo de análisis comprende desde diciembre de 2013 a diciembre de 2015.



Introducción

Es innegable que el desarrollo del hombre, buscando la satisfacción de sus necesidades, ha logrado importantes avances tecnológicos e innovadores productos, que han cambiado radicalmente su forma de vida a lo largo de la historia, incluso creando nuevas necesidades que el hombre jamás se había imaginado; sin embargo, éste progreso, quizás sin quererlo por ignorancia, ha afectado el medio ambiente de diversas maneras, principalmente contaminando los recursos básicos como el agua.

“El agua se puede considerar como el sistema operativo de nuestro planeta. Fluye a través de todo organismo vivo que habita en él”. (Ocion, Water Science Group, página oficial 2013)

No existe duda sobre la necesidad de tomar acciones para corregir los efectos negativos que las diferentes actividades, tanto domésticas como industriales, han causado al medio ambiente.

En México podemos identificar enormes diferencias respecto al tema del agua en materia de disponibilidad, cantidad y calidad de la misma. En nuestro país, como en todo el mundo, el agua está íntimamente ligada a las actividades sociales y económicas del hombre, por lo tanto, el impacto en dicho recurso básico puede llegar a ser permanente afectando nuestro entorno, nuestra economía y nuestra salud.

Vincular nuestro recurso hídrico con el bienestar social se refiere al suministro y descarga del mismo una vez utilizado, por lo tanto, su saneamiento es esencial para garantizar el ciclo del agua con la finalidad de tener un desarrollo sustentable que no comprometa las condiciones del medio ambiente y lo proteja para las generaciones futuras.

Existe un compromiso de llevar a cabo las medidas necesarias para sanear el agua que es utilizada tanto en las zonas urbanas, rurales y en la industria para garantizar

la conservación de los ecosistemas. Al sanear el agua se tiene un doble beneficio al reutilizar el agua de primer uso para la agricultura y la industria y se contribuye a la disminución de la sobreexplotación de los mantos acuíferos, es decir, hacer un uso eficiente del agua permite la recuperación de ríos y mantos freáticos además de proteger la salud de las personas contra enfermedades originadas por organismos patógenos que se reproducen en las aguas residuales.

Justificación

En la actualidad se debe tomar conciencia que el cuidado del medio ambiente es una premisa fundamental para el desarrollo de la sociedad, ya sea urbana o rural y que las actividades económicas que realiza el hombre afectan directamente los recursos naturales que sustentan la vida. Como toda actividad el cuidado del medio ambiente tiene un costo financiero que incrementa los costos de producción pecuaria, agrícola, industrial, de servicios, etc. Y por éste motivo, durante muchos años, se ha descuidado el tema de la protección del medio ambiente debido a que se ha otorgado preferencia a la rentabilidad sobre el cuidado de la naturaleza. Uno de los recursos primordiales que se han descuidado es el agua.

Se pretende demostrar que el cuidado del medio ambiente puede ser autosustentable e incluso puede representar una posibilidad de negocio, para la empresa que lo lleva a cabo, para tal motivo se analizará el tema del saneamiento de las aguas residuales, en específico, el caso de una empresa fabricante de alcohol para la producción de Ron, Charanda y Destilado de Tequila ya que en su proceso de fabricación utiliza como materia prima principal el agua potable y como consecuencia de su proceso genera un deshecho líquido denominado vinaza, que representa un alto impacto ambiental negativo y permanente, en caso de no llevarse a cabo la remoción de los contaminantes presentes en el mismo; se busca demostrar que en las descargas de los procesos orgánicos biodegradables hay presencia de nutrientes que favorecen el crecimiento y desarrollo de cultivos agrícolas y se pretende identificar, en el caso de estudio, la alta calidad nutritiva, para las plantas, de la vinaza tratada con un proceso biológico, y que al llevar a cabo dicho tratamiento, se puede obtener una solución que en su caso puede ser utilizado como fertilizante orgánico; y con su comercialización es posible obtener un ingreso suficiente para hacer ésta actividad auto sustentable.

Objetivo general

Evaluar sí el saneamiento del deshecho líquido de la empresa Comercializadora PAME SA de CV que fabrica alcohol para producir Ron, Charanda y Destilado de Tequila, denominado Vinaza puede ser auto sustentable y puede representar una oportunidad de negocio para la empresa y al mismo tiempo contribuir al cuidado del medio ambiente, el cumplimiento de normas emitidas por las autoridades y el desarrollo social y agropecuario al transformar un deshecho de alto impacto negativo y permanente en un fertilizante orgánico de buena calidad y de bajo costo.

Objetivos Específicos

1. Evaluar la mejor opción de tratamiento de la vinaza de la empresa en estudio.
2. Evaluar el valor nutritivo del efluente tratado (vinaza) y sus beneficios para la agricultura
3. Evaluar la factibilidad financiera del proyecto de tratamiento de la vinaza
4. Evaluar la auto sustentabilidad del proceso de tratamiento de la vinaza

Capítulo I

1.1 Las Aguas Residuales

Las aguas residuales son aquellas resultantes de la utilización del agua de primer uso, en las diferentes actividades socioeconómicas del hombre y pueden ser domésticas, industriales o comerciales.

Dependiendo de la naturaleza del agua residual, si es tratada o no, y con qué método, la calidad de la misma puede ser pobre o de alta calidad ya que de esto depende si puede ser benéfica o puede generar un alto impacto al medio ambiente debido a que puede dañar al suelo, las plantas y los animales, pero sobre todo a quien maneja los cultivos y sus consumidores.

La consecuencia de la falta de acceso a los servicios básicos de saneamiento de las aguas residuales afecta directamente la capacidad de aprendizaje a los niños infestados por parásitos intestinales.

“El Agua y su saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública”
(Dr. Lee Jong Wook Director General de OMS 2003-2006).

1.2 El Saneamiento de Las Aguas Residuales

El saneamiento de aguas residuales es un proceso de remoción de contaminantes al que se somete el agua utilizada en las diferentes actividades ya sean domésticas o industriales con la finalidad de mejorar la calidad física, química y biológica del agua residual para su descarga o reutilización con el objetivo específico de proteger el medio ambiente y la salud de los seres humanos.

1.3 Situación Mundial Respecto al Acceso al Saneamiento de Aguas Residuales.

“De acuerdo al informe conjunto de la Organización Mundial de la Salud y UNICEF sobre el acceso al agua potable y saneamiento mejorado de las aguas residuales 2015, desde 1990 a 2014 se tiene que para 1990 la población mundial con servicios de saneamiento era de 2,569 millones de personas y 2,710 millones de personas no contaban con acceso al saneamiento mejorado de aguas residuales, para el año 2004, la población con acceso a servicios de saneamiento de aguas residuales ascendía a 3,777 millones de personas, lo que significa que, hubo un incremento del 47% respecto al año de 1990, sin embargo debido al crecimiento poblacional, para ese mismo año 2004, aun habían 2,612 millones de personas sin acceso al saneamiento mejorado de aguas residuales” (Boletín La Meta de Los Objetivos de Desarrollo del Milenio relativa al Agua Potable y el Saneamiento. Enero 2015)

“Cada año el agua insalubre, junto con la ausencia de servicios de saneamiento básicos, matan al menos 1.6 millones de niños menores de cinco años” (Boletín La Meta de Los Objetivos de Desarrollo del Milenio relativa al Agua potable y el Saneamiento. Enero 2015).

1.4 Situación en México Respecto al Saneamiento de Aguas residuales.

Según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en su página oficial, a diciembre de 2012, en México existen 971 plantas tratadoras de aguas residuales con una capacidad de tratamiento de hasta 123,665 litros por segundo, sin embargo solo operan las suficientes para tratar 84,000 litros por segundo lo que significa que solo el 67.93% de la capacidad instalada se encontraba funcionando a esa fecha y no menciona información relevante como que cantidad

de dicha capacidad instalada y funcionando realmente cumple con las normas establecidas por la autoridad.

Así mismo el Instituto de Estadística Geografía e Informática (INEGI) informa en su página oficial que en México el 95.7% de las unidades económicas registradas en el país no aplican un tratamiento a sus aguas residuales tan solo el 4.29% de dichas unidades económicas aplican un tratamiento a sus aguas residuales. Esta situación es alarmante por que el impacto ambiental es severo.

En México la mayor concentración de agua de primer uso es en el sureste del país donde, según el Instituto de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en su página oficial, se encuentra tan solo el 22% de la población por lo que como consecuencia el 78% restante de la población explota cuerpos de agua a su alcance lo que genera una presión hídrica que dificulta su recuperación con la rapidez suficiente, así pues urge que se lleven a cabo acciones de mejoramiento de la calidad del agua residual que es descargada en los cuerpos de agua propiedad de la nación , es decir, con este dato tan relevante se demuestra la urgencia de hacer autosustentable el proceso de saneamiento de las aguas utilizadas por las unidades económicas del país y contribuir de manera activa al cuidado del medio ambiente.

1.5 Situación en Michoacán Respecto al Saneamiento de las Aguas residuales

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) a diciembre de 2012 en Michoacán existen 34 plantas tratadoras de aguas residuales en los municipios de Zitácuaro, Zamora, Zacapu, Uruapan, Tzintzuntzan, Tumbiscatío, Tacámbaro, Sahuayo, Quiroga, La Piedad, Pátzcuaro, Paracho, Morelia, Lázaro Cárdenas, Lagunillas, La Huacana, Erongaricuaró, Cuitzeo, Cotija, Coahuayana, Cherán y Briseñas; con una capacidad instalada de tratamiento de

un volumen de hasta 4,762 litros por segundo de los cuales solo son tratados solo 3,252 litros por segundo lo que quiere decir que tan solo el 68.29% de la capacidad instalada se encuentra operando a la fecha señalada, así mismo no detalla de este dato cuales cumplen con la norma que establece la autoridad y es evidente que la mayoría de las entidades económicas del estado no cuentan con plantas de tratamiento para sus aguas residuales.

1.6 Marco Legal

La constitución política de los Estados Unidos Mexicanos regula la administración del agua en nuestro país. El artículo 4 de la ley de aguas nacionales establece que corresponde al ejecutivo federal la autoridad y administración en materia de aguas nacionales quien lo ejercerá a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

“La misión de La Comisión Nacional del Agua es administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes para lograr su uso sustentable con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general”(página oficial CNA (www.cna.gob.mx 2015), es decir, entre otros objetivos La Comisión Nacional del Agua, tiene como prioridad promover el cumplimiento jurídico existente en materia de aguas nacionales e impulsar el desarrollo de instrumentos que fortalezcan el uso eficiente del agua y su manejo sustentable, así mismo “revisar los esquemas recaudatorios en esta misma materia y particularmente en las descargas de aguas residuales para contribuir al saneamiento de las cuencas y acuíferos”(página oficial CNA (www.cna.gob.mx). Para ésta misión se apoya en normas oficiales establecidas para la preservación y restauración de la calidad del agua y en los organismos estatales y locales de administración de agua potable y alcantarillado.

A su vez, el organismo que establece las Normas en materia de protección al medio ambiente es SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales que es “una dependencia de gobierno que tiene como propósito formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales de nuestro país” (página oficial SEMARNAT www.semarnat.gob.mx 2015), establece normas oficiales en estas materias sobre todo en materia del recurso hídrico, destacando las normas de descarga de aguas residuales.

Es evidente que cualquier organismo ya sea público o privado tiene derecho al uso del agua para llevar a cabo sus actividades de acuerdo a sus necesidades y es implícito que tiene la obligación moral y legal de llevar a cabo las acciones necesarias para cumplir con las normas vigentes en materia de descargas de aguas residuales.

Para entender el concepto de aguas residuales es importante primero identificar las características del agua potable cuya definición es la siguiente: “El agua potable es aquella destinada para uso y consumo humano que no contiene contaminantes objetables ya sean físicos, químicos o agentes infecciosos y que no cause efectos nocivos para la salud” (Definiciones en modificación a la NOM-127-SSA1-1994 salud ambiental agua para uso y consumo humano Diciembre de 1999, www.salud.gob.mx).

Por lo tanto, toda aquella agua que contiene contaminantes no es apta para consumo humano, y el agua que es utilizada para las diferentes actividades ya sean domésticas o industriales es sometida a contacto y mezcla con elementos físicos, químicos y biológicos que deben ser removidos para poder reutilizar el recurso.

Las normas establecidas por SEMARNAT y que sanciona CNA con apoyo de los organismos estatales y locales de agua son establecidas con la finalidad de que

toda agua utilizada para las diferentes actividades económicas y sociales y que modifican la calidad de la misma, sea tratada de manera que pueda ser descargada o reutilizada sin riesgo para los diferentes ecosistemas y que no sea nociva para la flora y fauna ni para los seres humanos.

A continuación, se detallan las normas que señalan las condiciones mínimas en que se debe descargar el agua que se utiliza en las diferentes actividades en nuestro país.

Los parámetros que se miden son elementos que la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales determinó como contaminantes comunes presentes en las aguas residuales y que pueden afectar los ecosistemas y la salud de los seres humanos cuando exceden las cantidades señaladas.

1.7 Las Normas que establecen los Límites Máximos de Contaminantes de las Descargas de Aguas residuales en México.

Con el fin de entender las normas mexicanas en materia de límites máximos de contaminantes presentes en las descargas de aguas residuales se debe considerar cuales son los componentes de las mismas.

De acuerdo con el documento emitido por La Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el título de Diagnóstico del Uso de Las Aguas Residuales en La Agricultura en México, en el año 2008. Los componentes de las aguas residuales domésticas, industriales y comerciales, así como de las actividades agropecuarias, son: materia orgánica, organismos patógenos, nutrientes, contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos y minerales disueltos.

1.7.1 NOM-001-SEMARNAT-1996 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

Los elementos contaminantes que señalan las normas y exceden los límites que establecen las mismas se consideran tóxicos y que pueden afectar de forma temporal y hasta permanente, los ecosistemas y la salud del ser humano.

La NOM-001-SEMARNAT-1996, mide y limita los siguientes parámetros:

Temperatura, para el caso de riego agrícola no aplica, en el caso de descarga para uso público y cuidado de vida acuática establece una temperatura máxima de 40°C en promedio diario y mensual.

Grasas y Aceites, este establece que para riego agrícola 15 mg/L en promedio mensual y 25 mg/L en promedio diario máximo, de igual manera lo establece para las descargas en uso público y para el cuidado de vida acuática.

Materia Flotante, establece que para todo tipo de descarga debe estar ausente.

Solidos Sedimentables, establece que como cantidad máxima es 1 ml/Litro en promedio mensual y 2 ml/Litro en promedio diario, para todo tipo de descargas.

Solidos Suspendidos, estableciendo que cuando la descarga es a un río y éste es destinado para riego agrícola, el máximo es de 150 mg/Litro en promedio mensual y 200 mg/Litro en promedio diario, pero cuando la descarga es para un río destinado para uso urbano público, los límites máximos serían 75 mg/Litro en promedio mensual y 125 mg/Litro en promedio diario y cuando en el río o punto de descarga existe vida acuática los límites no deben de exceder en promedio mensual los 40 mg/Litro y en promedio diario los 60 mg/Litro, dicho parámetro establece que

dependiendo del punto de descarga y sus características no debe exceder de los 40 mg/Litro a los 200 mg/Litro.

Demanda Bioquímica de oxígeno 5, para este parámetro se exige como máximo 150 mg/Litro en promedio diario y 200 mg/Litro en promedio mensual y dependiendo del punto de descarga ya sea en embalses naturales o artificiales, ríos para uso agrícola o público urbano si hay o no vida acuática, puntos de descarga costeros o humedales exige hasta 30 mg/Litro en promedio mensual y 60 mg/Litro en promedio diario.

Nitrógeno Total, en este caso la norma exige, dependiendo el punto de descarga y sus características desde 15 mg/Litro en promedio mensual y hasta 60 mg/Litro en promedio mensual.

Fósforo Total, para este elemento también, dependiendo del punto y características del cuerpo de descarga exige desde 5 mg/Litro en promedio mensual y hasta 30 mg/Litro en promedio diario y en algunos casos no aplica.

Esta misma norma establece límites máximos de contenido de metales pesados en las descargas de las aguas residuales que serán descargadas en aguas y bienes nacionales, los metales que señala y sus límites máximos son:

Arsénico, su máximo es de .04 mg/Litro en promedio diario, dependiendo del punto de descarga y sus características, y 0.1 mg/Litro en promedio mensual.

Cadmio, en cuyo caso exige un límite máximo desde .05 mg/Litro en promedio mensual y hasta un máximo de 0.4 mg/Litro en promedio diario, de igual manera depende del punto de descarga y características del mismo.

Cianuro, sus límites máximos son desde 1 mg/Litro en promedio mensual y hasta 3 mg/Litro en promedio mensual.

Cobre, el rango máximo es de 4 mg/Litro a 6 mg/Litro dependiendo el uso que se dé al agua residual.

Cromo, su máximo es de 1.5 mg/Litro a 0.5 mg/Litro.

Mercurio, en este caso los límites máximos van desde 0.02 mg/Litro a 0.005 mg/Litro.

Níquel, la concentración máxima es de 2 mg/Litro a 4 mg/Litro.

Plomo, para éste metal su límite máximo permitido es de 0.05 mg/Litro a 10 mg/Litro, de igual manera dependiendo del punto de descarga y sus características.

Zinc, para éste elemento el límite máximo permitido va desde los 10 mg/Litro en promedio diario hasta los 20 mg/Litro en promedio mensual.

La norma tiene como objetivo proteger la calidad de las aguas y bienes nacionales donde se descargan aguas residuales y es obligatoria.

1.7.2 NOM-002-SEMARNAT-1996 Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales a los Sistemas de Alcantarillado Urbano o Municipal.

En esta norma se considera como base la medición de los parámetros mencionados en la anterior NOM-001-SEMARNAT-1996 poniendo énfasis y exigiendo límites más estrictos en el caso de grasas y aceites con límites máximos en promedio diario de 75 mg/Litro y 50 mg/Litro en promedio mensual y los sólidos sedimentables en 5 mg/Litro en promedio diario y 7.5 mg/Litro en promedio mensual los otros parámetros en los que hace énfasis son los límites máximos de metales pesados

presentes en el agua residual descargada a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal en sus mediciones más exigentes.

1.7.3 NOM-003-SEMARNAT-1996 Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes Para las Descargas de Aguas Residuales Tratadas que se Reúsen en el Servicio Público.

En esta norma establece las medidas más estrictas ya que supone que el agua residual será reutilizada para servicio público y determina que el parámetro más importante es el límite máximo de coliformes fecales, que son los organismos patógenos presentes en las aguas residuales y su límite máximo es para el caso de que el agua sea reutilizada en servicios con contacto directo al público en un máximo de 240 NMP/100 ml y en caso de que la reutilización sea para contacto indirecto u ocasional el máximo permitido es de 1000 NMP/100 ml otro parámetro importante que se considera en esta norma y que no se señala en las normas anteriores es la presencia de huevos de helminto, que son organismos parasitarios en su etapa primaria, y señala como límite máximo una cantidad igual o menor a 1 huevecillo por litro para el caso de la reutilización del agua residual con contacto directo, y un límite máximo de una cantidad igual o menor a 5 huevecillos por litro cuando el uso considere un contacto indirecto u ocasional con el público.

Las normas emitidas por las autoridades son obligatorias para todos y tienen la finalidad de mejorar la calidad del agua que es utilizada para las diferentes actividades económicas en el país y su principal objetivo es el cuidado del medio ambiente contra impactos negativos que afectan la salud de los ciudadanos, así

como a los cultivos, plantas y animales y que por lo tanto afectan el desarrollo del mismo.

Capítulo II

2.1 La Reutilización de Las Aguas residuales

En México desde inicios del siglo pasado se han usado aguas residuales para riego agrícola y el crecimiento del uso de las mismas va a la par con el crecimiento y el desarrollo urbano, pero principalmente por la escasez de otras fuentes de agua. Se puede afirmar que por lo general el agua residual utilizada para riego agrícola no recibe ningún tratamiento; sin embargo, debe considerarse que su uso debe ser restringido a aplicarse por gravedad a bosques, forrajes, árboles frutales y a aquellos cultivos o productos que deben ser procesados antes de su consumo.

“En la agricultura, el uso de las aguas residuales, que vienen de comunidades urbanas e industriales, cada vez es más frecuente, esto genera un impacto para la salud y el medio ambiente” (SENASICA SAGARPA, 2015)

Los principales elementos a considerar en el uso de las aguas residuales que serán utilizadas en riego agrícola son los organismos patógenos, como coliformes fecales, y los organismos parasitarios presentes en dichas aguas, así mismo se deben considerar los elementos químicos específicos y compuestos que afectan el desarrollo de las plantas, la salud de las personas y animales y además los que afectan la permeabilidad del suelo.

Los riesgos a la salud por el uso de las aguas residuales para el riego agrícola son, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, Ocupacional para el caso de agricultores y trabajadores por el contacto directo con el agua residual y con los suelos contaminados, El otro riesgo es el de Consumo, el cual afecta a los consumidores de los productos agrícolas como vegetales y hortalizas

contaminadas, Teniendo consecuencias por enfermedades bacterianas, virales y parasitarias como hepatitis, cólera, salmonela e infecciones de la piel.

Para hacer uso de agua residual en riego de hortalizas se debe tener la certeza que el agua recibió un tratamiento que elimine los organismos patógenos y parasitarios que pueden contaminar los productos y enfermar al consumidor, dicho tratamiento se recomienda sea biológico.

Cuando se hace uso de agua residual tratada es imprescindible llevar a cabo monitoreo continuo realizando análisis de laboratorio para medir la cantidad de microorganismos patógenos presentes, así como la salinidad, conductividad eléctrica, los sólidos disueltos totales, el PH, micro elementos, Boro y sodio, etc.

“Las aguas residuales son de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas” (Normas oficiales mexicanas 2013).

El objetivo de llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales es en primer lugar proteger los cuerpos de agua evitando su contaminación por este tipo de descargas y en segundo lugar mejorar las características físico químicas del agua residual con la finalidad de tener la posibilidad de reutilizarla.

Como se mencionó en el capítulo anterior los elementos que se deben monitorear para tener la certeza de la calidad del agua residual son los enunciados en las normas vigentes, siendo estos parámetros los que indican las condiciones cualitativas y cuantitativas de las características y condiciones del agua residual, tratada o no. Para considerar su reutilización, Los parámetros a monitorear son: temperatura, grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno⁵, nitrógeno total, fósforo total, y los metales pesados a monitorear son: arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, y zinc, además para el caso de la reutilización de las aguas

residuales para riego, se debe monitorear la salinidad, la cantidad de nutrientes y la conductividad eléctrica así como el PH, además es de gran importancia tener la certeza de que el agua residual que se utilizara para riego agrícola esté libre de organismos patógenos y parasitarios.

2.2 Los Procesos de Tratamiento de Las Aguas Residuales

Por lo general los tratamientos de las aguas residuales son combinaciones de procesos físico químicos y/o biológicos que tienen como objetivo la remoción de los contaminantes sólidos orgánicos e inorgánicos, la degradación de lodos residuales y sedimentables, la disminución de grasas y aceites y eliminar las bacterias patógenas y microorganismos parasitarios presentes en las aguas residuales.

En general los procesos de tratamiento se enlistan de la siguiente manera:

Tratamiento Preliminar, que consiste en la remoción de sólidos no biodegradables por medio de cribados, rejillas, desarenación y remoción de grasas y aceites.

Tratamiento Primario, éste consiste en realizar la remoción de gran cantidad de materia en suspensión y materia disuelta con o sin tratamiento químico sin incluir la oxidación biológica y complementando la separación líquido sólido.

Tratamiento Secundario, busca la disminución de hasta un 85% de La demanda bioquímica de oxígeno, regularmente es un proceso biológico que consiste principalmente en someter a aireación el agua residual y disminuye también los sólidos suspendidos.

Tratamiento Terciario, es aquel en el que se provoca la precipitación y coagulación de sólidos y desinfección con alimentación química, con este proceso se termina de

eliminar los sólidos suspendidos, pero también provoca la remoción de los nutrientes presentes en el agua residual.

Actualmente existen diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales de origen industrial, residencial y agropecuario que por medio de procesos aeróbicos, es decir, con presencia de oxígeno; anaeróbicos, lo que significa con ausencia de oxígeno; o combinados, auxiliados por medios físicos y químicos con el uso de aparatos electromecánicos como lo son bombas, motores, válvulas, filtros, sopladores, agitadores, equipos altamente consumidores de energía eléctrica que requieren de constante mantenimiento, así mismo se requiere de la construcción de cuerpos de concreto para la captación y manejo de las descargas y mano de obra calificada para operar y por lo tanto generan altos costos de mantenimiento.

Las aguas residuales, una vez sometidas a los diferentes métodos o procesos de remoción de contaminantes y que cumplen con las normas mencionadas, en el capítulo anterior, pueden ser reutilizadas para diferentes fines como los son el riego o la reutilización de las mismas en instalaciones sanitarias.

2.3 El Tratamiento Biológico de las Aguas Residuales

“La calidad del agua residual tratada depende en gran medida de la calidad del agua potable, la naturaleza de los residuos agregados durante su uso y del nivel de tratamiento que reciba” (Diagnóstico de Las Aguas Residuales en México, SEMARNAT 2008).

El tipo o nivel de tratamiento de las aguas residuales determina la factibilidad del uso para riego agrícola o reutilización en otra actividad como puede ser en instalaciones sanitarias. Es decir, si el nivel de tratamiento se llevó hasta el proceso terciario o avanzado, en el que se sometió a captura de sólidos suspendidos con productos químicos coagulantes y precipitadores, la calidad nutritiva será pobre y

se corre el riesgo de acumulamiento de aluminio que es el principal metal utilizado para este fin durante el proceso mencionado.

El tratamiento biológico es aquel proceso que se lleva hasta el nivel secundario de tratamiento, de forma aeróbica o anaeróbica con métodos mecánicos o no mecánicos o combinados, el objetivo es la remoción de los contaminantes acelerando el proceso natural de biodigestión de la materia orgánica y eliminación de organismos patógenos y parasitarios presentes en las aguas residuales. Este proceso favorece la permanencia de los nutrientes al finalizar el proceso de tratamiento.

En el tratamiento biológico de aguas residuales el elemento fundamental para llevar a cabo la remoción de contaminantes orgánicos, indeseables en el agua, son las bacterias, que aprovechan la actividad metabólica de las mismas sobre los contaminantes del agua. Es decir, el metabolismo bacteriano es fundamental para realizar la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual.

Existen tres tipos principales de sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales que son: sistema Aerobio, anaerobio y anóxico.

El sistema aerobio es aquel en el que la presencia de oxígeno es el factor fundamental para que los microorganismos obtengan altos rendimientos energéticos para su crecimiento, sin embargo, dicho sistema genera una importante cantidad de lodos.

El sistema anaerobio, en este caso el factor fundamental es el bióxido de carbono y la ausencia de oxígeno, dicho compuesto proviene de la propia materia orgánica obteniéndose, en el proceso, carbono en su estado más reducido, Metano de tal manera que este sistema tiene como ventaja la generación de gas combustible.

El tratamiento anóxico es el que se destaca por la ausencia de oxígeno y la presencia de nitratos transformándose en nitrógeno completamente inerte, es decir, desnitrificación.

En los tratamientos de aguas residuales, biológicos, aerobios o anaerobios se utilizan las bacterias facultativas, es decir, aquellas que sobreviven en condiciones con presencia de oxígeno o con la ausencia del mismo.

Las limitantes de los tratamientos biológicos son: No eliminan los nitratos ni los fosfatos que contribuyen a acelerar el proceso de eutroficación, es decir un enriquecimiento muy elevado de nutrientes, en los cuerpos de agua donde es descargada, Y otra limitante es que no eliminan productos químicos como plaguicidas y metales pesados.

Capítulo III

3.1 El Agua Residual Como Abono Orgánico

3.1.1 Los Abonos Orgánicos.

Se refiere a diferentes residuos naturales que desde la antigüedad se han incorporado a los suelos con la finalidad de proveer de nutrientes a los cultivos con el objetivo de incrementar los rendimientos de éstos. “Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos” (Santos Antonio Trinidad, Ficha Sobre Abonos Orgánicos, SAGARPA, 1987).

Los abonos orgánicos han sido el medio de nutrición para las plantas desde antes del uso de los fertilizantes de origen sintético, la finalidad es la de reponer los nutrientes aprovechados por los cultivos, del suelo; Los principales elementos identificados como nutrientes favorables para las plantas y que deben ser constantemente restituidos o enmendados en los suelos son Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Magnesio y micro elementos como Zinc, Cobre, y Hierro.

La ficha de Abonos Orgánicos publicada por SAGARPA en 1987, señala que el origen de los abonos orgánicos proviene de diferentes fuentes de origen animal y vegetal como son los estiércoles, compostas vermicompostas y residuos de cosechas, etc.

3.2 El Agua residual y la Agricultura.

“En la agricultura, el uso de aguas residuales que vienen de comunidades urbanas e industriales cada vez es más frecuente, esto genera un impacto para la salud y el medio ambiente” (SENASICA SAGARPA, página oficial 2015).

El uso del agua residual inició, en Europa, durante la edad media, desde el momento que apareció la necesidad de conducir las mismas hacia afuera de las ciudades y se canalizaba a los cultivos con la intención de evitar la contaminación de los ríos más que con la intención de aumentar las cosechas. En México inició su uso a principios del siglo XX.

Según el documento “Directrices para el Uso sin Riesgo de Aguas Residuales y Excretas en Agricultura, medidas de Protección de la Salud Pública” (Duncan Mara y Sandy CarIncross, de la Organización Mundial de la Salud 1990), En países como China, India, Japón y Tailandia se hace uso de residuos de origen humano para la fertilización del suelo, aun sin tratar, en África se usa como pienso animal, en Guatemala, Tanzania y Vietnam también se usa como abono para suelos y en Estados Unidos de Norte América, Kenia, Reino Unido, Israel, y otros se usan los fangos de las aguas residuales.

En el mismo documento emitido por la Organización Mundial de la Salud, destaca que para 1987 la superficie, en la que practican el riego agrícola, con aguas residuales en China es de 1, 330,000 hectáreas, en el caso de Estados Unidos de Norte América, 13,475 hectáreas y en caso de México, 340,000 hectáreas.

El uso de aguas residuales para riego agrícola se debe principalmente a la escasez de agua de otra procedencia, el alto costo de los abonos artificiales, y la demostración de que con el debido cuidado los riesgos para la salud y daños para el suelo son mínimos.

En las aguas residuales el 99.9% se componen de Agua y el 0.1% son sólidos suspendidos, coloidales o disueltos. En uso agrícola estas deben someterse a un tratamiento antes de ser reutilizadas y como anteriormente se ha mencionado en el presente trabajo de tesis, de preferencia, el tratamiento se recomienda sea biológico.

En los sólidos totales, coloidales o disueltos que hay en las aguas residuales se encuentran nutrientes que pueden ser aprovechados por las plantas como lo son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, de igual manera se encuentra la presencia de micro elementos o micro nutrientes como Cobre, Hierro y Zinc.

“Las concentraciones totales de nitrógeno y fósforo en las aguas residuales, sin tratar, suelen variar entre 10 y 100 mg/Litro y 5.25 mg/Litro respectivamente y las cantidades de potasio entre 10 y 40 mg/Litro. Las aguas tratadas contendrán menos nitrógeno y fosforo, pero aproximadamente la misma cantidad de potasio” (Directrices para el Uso sin Riesgo de Aguas Residuales y Excretas en Agricultura, medidas de Protección de la Salud Publica” (Duncan Mara y Sandy Carlncross de la Organización Mundial de la Salud 1990)

Las cantidades de nutrientes y micro elementos o micro nutrientes presentes en las aguas residuales dependen del origen de la descarga y del tipo de tratamiento. Además de los nutrientes y micro elementos en este tipo de aguas dependiendo del origen de la descarga, con tratamiento o sin tratamiento hay presencia de contaminantes y toxinas.

Unos ejemplos de estos son: los organismos patógenos como virus, bacterias, protozoos y helmintos, causantes de enfermedades; y el origen de las toxinas puede ser por la presencia de insecticidas y metales pesados que también afectan la salud de plantas, animales y humanos y dañan los suelos, por ejemplo, influyendo en su permeabilidad.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo general del presente trabajo de tesis, se analizará un caso real de una empresa cuyas descargas tienen un alto impacto ambiental en su zona de influencia, y se pretende identificar que la actividad de saneamiento de sus aguas residuales puede ser autosustentable y no representa un incremento en sus costos de operación.

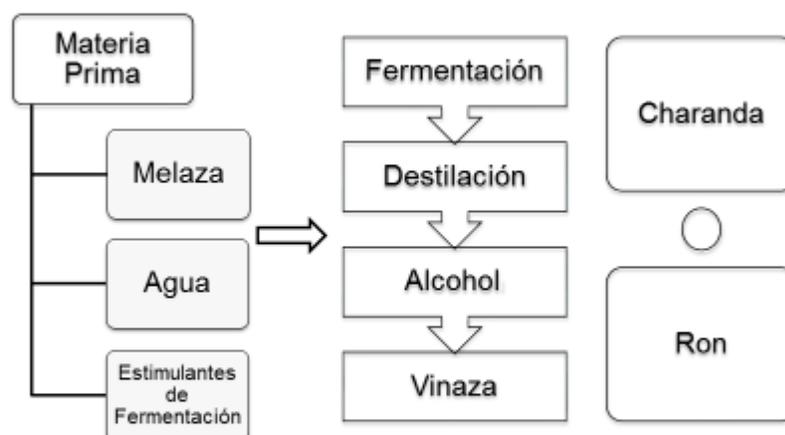
Capítulo IV

4.1 Caso Empresa Comercializadora PAME SA de CV

Para identificar el tipo de residuo que genera el proceso de producción de ésta empresa se debe señalar que la materia prima para la elaboración de Charanda y Ron es el alcohol y la materia prima para la producción del alcohol es la miel fina o también conocida como melaza que a su vez es el resultado de la elaboración del azúcar de caña, Y es reconocida por su alto valor nutritivo e incluso es utilizada como complemento alimenticio en la industria ganadera. La melaza se mezcla con agua y estimulantes para la fermentación para posteriormente someterse a destilación, este proceso genera un deshecho denominado vinaza. “En la fabricación del alcohol por cada Hectolitro producido se generan de 1.6 a 1.8 metros cúbicos de vinazas” (López G.L. 1999 Alternativas Para el Tratamiento del Residual de la Destilería Paraíso).

El esquema del proceso de elaboración de alcohol, de acuerdo a la información obtenida directamente en la planta de la empresa que se analiza en el presente trabajo de tesis, indica que: La materia prima, agua potable, melaza y los estimulantes de fermentación, como levadura, se mezclan para iniciar este proceso y una vez estimulada la fermentación y lograda la misma, se somete a destilación que produce el alcohol, que a su vez es materia prima para la elaboración de sus productos principales que son el Ron y el aguardiente llamado Charanda. Como consecuencia de este proceso se genera un deshecho líquido denominado vinaza, ver cuadro No. 1

Esquema del Alcohol y Vinaza



Cuadro No. 1

4.2 La Vinaza

Es un desecho que se genera como resultado del proceso de la elaboración del alcohol y representa un alto impacto en el medio ambiente, de tal manera que, en caso de no llevarse a cabo el proceso de saneamiento o remoción de contaminantes de esta agua residual, puede ocasionar daños permanentes al ecosistema afectando flora y fauna, así como la salud de los seres humanos influyendo incluso en su forma de vida. En el proceso de la generación de la vinaza no se incluyen productos químicos sintéticos, como metales pesados.

De acuerdo a la tabla de análisis de “Impacto de la Vinaza sobre el Medio Ambiente” (Perdigón Martín Susana 2005 Impacto Sobre el Medio Ambiente de la Vinaza de jugo de caña energética más miel fina en la destilería Paraíso). El resultado del estudio de impacto ambiental confirma, que la vinaza solo tiene impacto positivo en el suelo, y en el agua, no en su calidad, pero si en su uso, siempre y cuando se controle el grado de contaminación, de otra manera la afectación será permanente

perjudicando flora, fauna, y su ecosistema, incluyendo la infraestructura urbana y rural ya que ocasiona problemas de residuos, malos olores y fallas en la operación de servicios, por lo tanto es necesario tomar acción para la remoción de los contaminantes en la vinaza.

Con el debido cuidado de remoción de contaminantes se puede aprovechar el valor nutritivo que tiene la vinaza para ser utilizada como fertilizante orgánico, puesto que como ya se mencionó, en el proceso de generación de la misma no intervienen elementos sintéticos que alteren su valor como fertilizante de tipo orgánico.

“El valor como fertilizante orgánico de la vinaza se refiere a la cantidad de Materia Orgánica que contiene, 229 kg/m³ Nitrógeno 0.730 kg/m³ Fosforo (P₂O₅) 0.355 Kg/m³ y Potasio (K₂O) .153 kg/m³ “(López G.L. Alternativa para el tratamiento del residual de la destilería el Paraíso 1999)

Para tener la posibilidad de aprovechar el valor nutritivo de la vinaza es importante someterla a un tratamiento biodegradable que la lleve a un nivel óptimo de remoción de contaminantes los cuales deben ser consumidos por bacterias facultativas. Para lograr dicho objetivo es preciso detener el proceso de fermentación para prolongar la vida de los microorganismos facultativos que llevaran a cabo la biodigestión. “Condiciones de aireación optimas evitan las condiciones indeseables de fermentación en la vinaza” (Hilaydee Pimentel, Carmen Rivero, 2011).

4.3 El Valor Nutritivo de La Vinaza de La Empresa Comercializadora Pame SA de CV

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis, se tomó una muestra del efluente de vinaza de la empresa objeto de estudio, y se envió a su análisis a laboratorio para determinar el valor nutritivo como fertilizante, de tal manera que confirme la presencia de los diferentes elementos que pueden ser aprovechados por diferentes cultivos.

De acuerdo al documento emitido por el laboratorio Phytomonitor, ubicado en Calzada Aeropuerto No. 7299-B de la Colonia Bachigualato en Culiacán, Sinaloa. Sobre el resultado del Análisis de Fertilizante señala que, la Vinaza de la empresa PAME SA de CV contiene: 921.13 partes por millón de Nitratos NO_3 , 128 partes por millón de Fosforo de Fosfatos P-PO_4 , 293.25 partes por millón de Pentóxido de Fosforo P_2O_5 , 640 partes por millón de Sulfatos SO_4 , 213.33 partes por millón de Azufre de Sulfatos S-SO_4 , 3,545 partes por millón de Cloruros CL , 230 partes por millón de Sodio NA , 16,300 partes por millón de Potasio K , 19,634 partes por millón de Óxido de Potasio K_2O , 2,600 partes por millón de Calcio CA , 3,640 partes por millón de Óxido de Calcio CaO , 1,300 partes por millón de Magnesio Mg^{+2} , 1,874.41 partes por millón de Óxido de Magnesio MgO , 205.60 partes por millón de amonio NH_4 . Los micro elementos que se identificaron en el análisis del laboratorio indican que hay 85 partes por millón de Hierro Fe^{2+} , 7 partes por millón de Zinc Zn^{+2} , 1 parte por millón de Cobre Cu^{+2} , 157 partes por millón de Boro B^{+3} , El nitrógeno se desglosa de la siguiente manera: 208 partes por millón de Nitrógeno nítrico, 160 partes por millón de Nitrógeno amoniacal, -160 partes por millón de Nitrógeno Ureico.

Este trabajo de tesis, pretende identificar que existe presencia de los diferentes elementos y micro elementos que pueden ser aprovechados por las plantas y que son los mismos presentes en otras fuentes de fertilizantes ya sean orgánicos o sintéticos. Es decir, El resultado del análisis de vinaza de la empresa Comercializadora PAME SA de CV manifiesta que tiene un alto contenido de nutrientes, esto se demuestra en los resultados que identificaron presencia de Nitrógeno, Fosforo, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio y Micro elementos como Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso y Boro, que son elementos benéficos para la nutrición de las plantas, y que se ofrecen comercialmente a los productores agrícolas en diferentes presentaciones. “Los deshechos originados en la industria azucarera y derivados pueden convertirse en sub productos con cierto valor económico y a la vez evitar el impacto al medio ambiente que ocasiona su incorrecta disposición”. (Perdigón Martín Susana 2005).

“La presencia de elementos mayores como el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y elementos menores como el hierro, cobre, zinc y cloro, considerados con funciones esenciales para la nutrición de la plantas, en un lixiviado, lo confirman como un subproducto de calidad que puede emplearse como fertilizante orgánico para aplicación foliar o al suelo” (Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de lixiviados provenientes de granja lombrícola en Tlajomulco, Jalisco, 2012, Departamento de ciencias ambientales Universidad de Guadalajara).

4.4 Problemática de La Empresa Comercializadora PAME SA de CV

Para identificar la problemática de la empresa es necesario analizar los datos de volumen de producción de alcohol y el volumen generado de vinaza, así como la situación física química y biológica de la vinaza comparando sus parámetros con las tablas de las normas en materia de límites máximos de contaminantes de las aguas residuales.

4.4.1 Capacidad de Producción de la Empresa Comercializadora PAME SA de CV

La capacidad de producción de la empresa se refiere a la cantidad de alcohol que puede producir en un tiempo determinado, para este estudio se consideró un periodo mensual y diario; La producción de alcohol es directamente proporcional a la cantidad de vinaza generada por esta actividad.

Como resultado de la visita de campo a la empresa motivo de estudio en el presente trabajo de tesis a su planta productora se recabo la siguiente información, La empresa cuenta con un total de 10 tanques de Mezcla, que es el equipo base para el inicio de su proceso de producción del Alcohol, los cuales le dan una capacidad

instalada, máxima de 352 m³ por día; Sin embargo, a lo largo de la historia, de la empresa, no se ha requerido de hacer el uso de su equipo al límite máximo de capacidad.

La empresa señala que para realizar los cálculos de producción de alcohol y por consecuencia, generación de vinaza considera un factor de convergencia que indica que por cada 24 m³ de mezcla, 95% agua y el resto enzimas, levaduras y otros, produce 1.64 m³ de alcohol y como resultado se genera un desecho de vinaza de 21.36 m³ esto significa que el 89% del desecho es agua contaminada que tiene que ser tratada para evitar la contaminación y daño al medio ambiente así como cumplir con las normas que establecen las autoridades en materia de límites máximos de contaminantes en las descargas de aguas residuales.

Según la bitácora de la empresa en análisis, el volumen histórico máximo de mezcla que se ha fabricado de alcohol en un día durante el año 2013, es de 13.68 m³ lo que significa que en un solo día hicieron una mezcla con un volumen de 200.2 m³ y como resultado se generó un deshecho de vinaza de 179.89 m³ en la misma bitácora señala que el promedio diario de mezcla para el año 2013 fue de 121.9 m³ produciendo un promedio diario de 8.33 m³ de alcohol y generando un promedio de 109.57 m³ de vinaza; por lo tanto se considera para motivo del presente estudio, una labor de lunes a viernes de cada semana y como consecuencia se tiene una generación, promedio diaria, de acuerdo al dato señalado que la empresa produce un deshecho de aguas residuales de hasta 2,191.4 m³ por mes de 20 días de labor, ver cuadro No. 2

4.4.2 Condición Físico Química y Biológica de la Descarga de Agua Residual de la empresa Comercializadora PAME SA de CV

La única manera de tener certeza de las condiciones físico químicas y biológicas del agua contaminada como consecuencia de la producción de alcohol, en la empresa motivo del presente estudio, es llevar una muestra a un laboratorio certificado y reconocido por las autoridades competentes en materia de aguas residuales, dicho laboratorio, en este caso, es el denominado Centro de Estudios en Medio Ambiente, S.C. certificado por Comisión Nacional del Agua, por la Entidad Mexicana de Acreditación AC, por COFEPRIS, ISO 17025 Y SEMARNAT y que se encuentra ubicado en la calle Mozart Numero 639 de la Colonia La Lomas en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Una vez tomada la muestra y llevada para su análisis en laboratorio, este emitió un informe de ensayo que indica los resultados del mismo de la siguiente manera: El resultado de la medición del parámetro PH establece que tiene una concentración de 6.07 unidades, el cual se encuentra dentro del rango de límites máximos permitidos de acuerdo a las normas vigentes, el parámetro temperatura indica como resultado 21°C de igual manera dentro del rango de las normas, el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno se encuentra en 4,450 mg/Litro rebasando severamente los límites máximos que indican las normas, el resultado en el parámetro de Demanda Química de oxígeno indica una concentración de 6,125.4 mg/Litro, rebasando severamente el límite máximo permitido, el parámetro de Nitrógeno total tiene una concentración de 151.76 mg/Litro superando lo establecido en las normas vigentes, el parámetro de sólidos sedimentables, de acuerdo al resultado del análisis marca una concentración de 0.50 mg/Litro cumpliendo con los límites máximos permitidos por las normas, el resultado del parámetro sólidos suspendidos totales indica una concentración de 4,208.5 mg/Litro rebasa severamente los límites máximos permitidos por las normas, la concentración del parámetro grasas y aceites supera los límites máximos pues indica una cantidad de 96.30 mg/Litro, y finalmente se identificó que la cantidad de organismos coliformes,

presentes en la muestra es de 2,400 NMP/100 ml rebasando también los límites máximos permitidos por las normas vigentes.

4.5 Situación de La empresa Comercializadora PAME SA de CV Respecto al Volumen y Condición de su Descarga de Aguas Residuales.

El volumen mensual de deshecho, Vinaza, es de hasta 2,191.4 m³ cuyas características físico químicas y microbiológicas, de acuerdo al resultado del análisis de laboratorio, contiene cantidades de contaminantes muy superiores a los límites máximos permitidos de acuerdo a las normas emitidas por las autoridades, esto significa que tiene una muy alta capacidad de hacer un daño permanente al medio ambiente; Por lo tanto la empresa se encuentra en una situación de urgencia para llevar a cabo las acciones necesarias para tratar las aguas residuales de su proceso de producción pues con estos resultados surge el compromiso moral y legal para la empresa que en caso de no atender su situación en esta materia corre el riesgo de ser sancionada por las autoridades e incluso ser clausurada.

Los socios y la gerencia de la empresa reconocen la necesidad de tomar acciones para cumplir con las normas establecidas en materia de límites máximos de contaminantes permitidos en las aguas residuales por lo que se dieron a la tarea de solicitar a diferentes empresas, propuestas de diferentes métodos e infraestructura para el saneamiento de sus aguas residuales, en busca de la mejor opción, de las cuales recibieron diferentes propuestas que a continuación se detallan de acuerdo a la información tomada de documentos facilitados por la gerencia de la empresa durante una de las visitas a la fábrica de alcohol.

4.6 Empresas Proveedoras Consultadas por la Empresa Comercializadora PAME SA de CV para Resolver Su Problemática

4.6.1 La Empresa Arthrobacter SA de CV

Propone un sistema de biodegradación en cascada por aireación extendida sometiendo el cuerpo de agua a decantación y posteriormente aireación con un sistema de burbujeo electromecánico. Sin embargo, no aporta datos de los costos de operación.

4.6.2 La Empresa Agro Eco SA de CV

Propone un sistema de tratamiento que incluye todos los procesos, primario, secundario y terciario, es decir someter el cuerpo líquido a sedimentación floculación y coagulado, precipitación, captura y secado de lodos, lo que implica el uso extensivo de aparatos electromecánicos, y no ofrece datos sobre los costos de operación del proceso.

4.6.3 Proshimex Tecnologías Modernas en Agua SA de CV

Plantea la instalación de una planta piloto sin mencionar costos de operación de la misma.

4.6.4 Technological Improvements

Propone un tratamiento en tres etapas, las cuales consisten en un primer proceso físico-químico, posteriormente biológico y un pulido final y ofrece un costo de operación de \$0.135 pesos más IVA por litro tratado de vinaza.

4.6.5 Biopur Internacional

Propone un tratamiento convencional de tres etapas lo que indica una inversión en tecnología con aparatos electromecánicos y productos químicos para la remoción de contaminantes y plantea un costo de \$8.30 pesos con IVA incluido, no detalla si este costo es por litro o por m³ y no incluye mano de obra.

4.6.6 ITSI Especialistas

Propone un tratamiento de dos etapas la primera de aireación para detener el proceso de fermentación de la vinaza y evitar la muerte de los microorganismos facultativos que llevan a cabo la biodigestión de la materia orgánica, y la segunda etapa es la estimulación bacteriana facultativa con quelato de cobre coloidal certificado NSF de grado alimenticio con la finalidad de cumplir con el objetivo de remoción de contaminantes indeseables y de cumplir con las normas en materia de descarga de aguas residuales, además ofrece conservar el alto valor nutritivo de la vinaza, una vez tratada para comercializarla en un futuro de mediano plazo. El costo de operación que plantea es de \$5.91 pesos IVA y mano de obra incluido por m³ de vinaza tratada.

4.7 Análisis de las Propuestas para el Saneamiento de la Vinaza Generada por la Empresa Comercializadora PAME SA de CV

Por motivos prácticos de análisis del trabajo de tesis, en éste caso se tomarán en cuenta los costos de operación más bajos, propuestos por los diferentes proveedores a los que acudió la gerencia de la fábrica de alcohol y una vez identificada la mejor opción se considerara el costo de inversión en infraestructura, es importante recalcar que al momento de la visita de campo aún no se cuenta con infraestructura para el saneamiento de la vinaza en la empresa motivo de análisis.

Solo tres de las empresas plantean el dato de costo de operación por tratamiento de la vinaza, información que es importante para la toma de decisión sobre cuál es la mejor opción en materia de costos. Solo una empresa plantea el valor que tiene la descarga y propone su comercialización. El análisis de las tres propuestas que ofrecen datos de costos de operación se analiza considerando el volumen mensual máximo de vinaza registrado por la empresa. Para el caso de la empresa Biopur Internacional, se consideró el costo planteado por m³

Considerando el costo de operación del proceso y el método que ofrece una mejor calidad del efluente para considerarse como opción para llevar a cabo el saneamiento de la vinaza para cumplir con los límites máximos de contaminantes y mantener el valor nutritivo del mismo se debe tomar en cuenta que el proceso sea con el precio bajo y este debe ser biológico sin uso de productos químicos sintéticos.

Tomando en cuenta los factores antes señalados la propuesta que se analizara, es la que ofrece la empresa ITSI Especialistas; por tratarse de un método biológico al precio más bajo y ofrece conservar el valor nutritivo en el agua residual resultante del tratamiento.

4.8 Análisis de los Costos de Operación del Proceso de Tratamiento Biológico para la Vinaza de la empresa Comercializadora PAME SA de CV

Como anteriormente se mencionó, se eligió para motivo del presente estudio el sistema de tratamiento biológico por dos razones fundamentales, la primera es que el resultado de un tratamiento de este tipo genera una descarga con mayor cantidad de nutrientes presentes en la misma y segundo lugar la empresa cuenta con información suficiente para identificar los costos de operación del proceso de tratamiento que para motivos de cálculo se considera, de acuerdo a los datos históricos de la empresa el punto más alto de producción de alcohol de acuerdo a su bitácora que indica un volumen de alcohol de 200.2 m³ y por lo tanto la generación de hasta 179.89 m³ de vinaza.

4.8.1 Descripción del Proceso Biológico Elegido por la empresa PAME SA de CV

Propone dos acciones principales, primero someter la descarga de vinaza a un proceso de aireación superficial con la finalidad de detener el proceso natural de fermentación de la vinaza y así prolongar la vida de los microorganismos que llevan a cabo la biodigestión de los sólidos suspendidos y de manera inmediata aplicar Quelato de Cobre iónico en estado coloidal de carga positiva (Polidex) en una dosis de 1 Litro del mismo para cada 98 m³ de vinaza y descargar a una planta modular por gravedad con la finalidad de tener un periodo de contención mínimo de 72 horas para que se lleve a cabo la remoción de contaminantes y tener una demanda bioquímica y química dentro de los parámetros que establecen las normas en materia de límites máximos de contaminantes de las aguas residuales. Además, una vez que las descargas cumplen con los parámetros de las mencionadas normas, y basados en los análisis de solución nutritiva la empresa podrá dar un valor económico a la descarga como fertilizante orgánico. Una vez terminado el proceso, propone un filtro de carbón activado, opcional, para mejorar el color del agua como valor agregado a la descarga, ya que las normas no exigen mejorar este parámetro.

4.9 Conceptos de los Costos de Operación

Los tipos de conceptos y la cantidad de los mismos es proporcional al volumen de vinaza a tratar por día, por lo tanto, los conceptos son los siguientes: energía eléctrica, Insumos (Quelato de Cobre en estado coloidal) y Mano de obra.

a) Costos de Energía Eléctrica:

Para realizar el cálculo de éste concepto se considera como base la potencia del motor propuesto y el tiempo sugerido para la aireación superficial en el punto medio máximo de acuerdo al volumen de vinaza a tratar por día.

| Equipo de Aireación | |
|--|------------------------------------|
| Tipo de Motor | Soplador de Aire tipo Regenerativo |
| Capacidad | 20 HP |
| Energía Requerida/día para 180m ³ | 13.2 HP |

Cuadro No. 3

| Factor de Conversión | |
|-----------------------------|---------|
| HP | KW/Hora |
| 1 | 0.7457 |
| 13.2 | 9.84324 |

Cuadro No. 4

| Tiempo de Uso Motor/Consumo Energía | |
|--|----------|
| Horas/Día | KW/Día |
| 20 | 196.8648 |

Cuadro No. 5

Los cuadros anteriores, 3,4 y 5 indican que, de acuerdo al motor utilizado para someter la vinaza a aireación con la finalidad de detener el proceso de fermentación, tiene una capacidad de hasta 20 HP y que el promedio real a utilizar, el mismo, por día, de acuerdo al proveedor, es de 13.2 HP por lo tanto considerando que 1 HP consume 0.7457 KW/Hora, dicho motor consumirá una cantidad máxima de 196.8348 KW/Día en una jornada de 20 horas. Para fines de cálculo se considera el costo de energía de punta, en alta tensión, detallado en las tarifas oficiales publicadas en la página oficial de Comisión federal de Electricidad que indica un costo de \$2.1367 por KW/Hora por lo tanto el costo por día, de consumo de energía eléctrica para la aireación de hasta 179.89 m³ de vinaza es de \$420.57 como se puede observar en el resumen del cuadro No. 6

| Resumen Costo Energía | |
|---|-------------|
| Tarifa KW/Hora | \$2.1367 |
| Número de horas de uso Motor | 20 |
| Consumo total de KW/hora por Día | 196.8648 |
| Costo total por día de Energía eléctrica | \$420.57 |
| Volumen/m ³ de Vinaza a Tratar | 179.89 |
| Costo total /m ³ | \$0.4277 |
| Costo Total/Litro | \$0.0004277 |

Cuadro No. 6

b) Costo de Insumos (Quelato de Cobre en Estado Coloidal)

Para éste concepto se considera los litros dosificados por día para lograr la estimulación de bacterias facultativas de acuerdo a la capacidad de flujo máximo de tratamiento de la Planta Modular propuesta para la empresa. La dosis recomendada es de 1 litro del insumo para tratar hasta 98 m³ de vinaza, esto significa que se requiere una dosis de 1.83 litros por día para tratar los 179.89 m³ de vinaza, considerando el dato anterior como un valor uniforme durante un año. El costo por litro del manipulador bacteriano de acuerdo a la empresa proveedora es de \$610.00 por lo tanto el costo total del insumo por día es de \$1,116.30 como se resume en el cuadro No.7

| | |
|------------------------------|--|
| Resumen Costo Insumos | |
|------------------------------|--|

| | |
|---|------------|
| Dosis en Litros de Insumos/Día | 1.83 |
| Costo/Litro | \$610.00 |
| Costo Total /Día | \$1,116.30 |
| Costo Total/m ³ de Vinaza a Tratar | \$6.2054 |
| Costo Total/Litro de Vinaza a Tratar | \$0.006205 |

Cuadro No. 7

c) Costos de mano de obra

Por el diseño de la planta, ésta, no necesita de mano de obra calificada puesto que solo requiere de supervisión para arrancar el motor y el dosificador y en su momento llevar a cabo el apagado del equipo, así como en su caso abastecer de insumos el tanque de mezcla y calibrar el dosificador, labor para la que se considera un trabajador de un jornal por día. Para motivos de cálculo se considera un costo total

de \$7,000.00 al mes considerando un pago semanal de \$1,750.00 como se detalla en el cuadro No.8

| Resumen Costo Mano de Obra | |
|---|------------|
| Costo Total Mano de Obra/Mes | \$7,000.00 |
| Costo Total Mano de Obra/Semana | \$1,750.00 |
| Costo Total Mano de Obra/Día | \$250.00 |
| Costo Total Mano de Obra/m ³ | \$1.3897 |
| Costo Total Mano de Obra/Litro | \$0.001389 |

Cuadro No. 8

4.10 Resumen de Los Costos de Operación del Proceso de Tratamiento Biológico de la Vinaza

Los costos de operación se calcularon considerando que la empresa puede hacer el tratamiento de la Vinaza tomando en cuenta su punto más alto de generación de la misma en su máximo histórico de 179.89 m³ por día de acuerdo al dato de su bitácora, durante el periodo del año 2014. Así pues, se observa en el cuadro No. 9 que solo se observan gastos variables debido a que el proceso de tratamiento depende del volumen de producción del alcohol, ron y destilado de tequila.

| Resumen Costos Totales de Operación | |
|--|------------|
| Costo Total Energía Eléctrica/Día | \$420.57 |
| Costo Total Insumos/Día | \$1,116.30 |
| Costo Total Mano de Obra/Día | \$250.00 |
| Costo Total de Operación/Día | \$1,786.87 |
| Costo Total / m ³ | \$9.9331 |
| Costo Total/Litro | \$0.009933 |

Cuadro No. 9

En los cuadros 4,5,6 y 7 se detallan cada uno de los conceptos de los costos de operación y su resumen, que indican cuánto cuesta tratar la vinaza generada por la empresa Comercializadora PAME SA de CV considerando una generación máxima de la misma de hasta 179.89 m³ por día, destacando para motivo de análisis el costo por metro cubico y por litro con la finalidad de considerar dichos costos de operación como conceptos básicos equivalentes a costos de producción debido a que el resultado del tratamiento de la vinaza produce una descarga con un valor, real, nutritivo de acuerdo al resultado del análisis del laboratorio detallado en el punto 4.3 del presente trabajo de tesis, con el cual se pretende identificar que la actividad del saneamiento de las aguas residuales, en este caso la vinaza, puede ser o no autosustentable.

4.11 La Auto Sustentabilidad del Proceso de Tratamiento de La Vinaza

“Es imposible separar el crecimiento económico del medio ambiente, así como el hecho de que muchas formas de desarrollo deterioran los recursos naturales de los cuales dependen, es decir, la economía el medio ambiente y las condiciones sociales están ligados entre sí” (Reporte Nuestro Futuro Común, Comisión Mundial Sobre el Ambiente y El Desarrollo 1987).

Como se puede observar en el presente capítulo la generación de la vinaza procede de una actividad económica y tiene repercusiones negativas ambientales y de salud y por consecuencia afecta al desarrollo social. Sin embargo es importante destacar que las características de la misma, una vez tratada la hacen equiparable a un abono orgánico, de acuerdo a los resultados de análisis de valor nutritivo documentados en este mismo capítulo, por lo tanto, a la vinaza tratada se le puede dar un valor comercial que permita recuperar los costos del proceso de tratamiento e incluso obtener una utilidad adicional a la actividad de origen que es la producción de alcohol y de esta manera no afectar los costos de dicha actividad. Se tiene como beneficio evitar daños al medio ambiente y prevenir enfermedades bacterianas originadas por las aguas residuales y dar sustentabilidad al proceso.

Para tener la certeza de la sustentabilidad del proceso de tratamiento de la vinaza se deben cumplir dos premisas fundamentales que son: Que tenga un valor nutritivo equiparable a abonos orgánicos comerciales, la cual se demostró en el punto 4.3 del presente capítulo y la segunda premisa es: Que el valor comercial que se determine para la vinaza como abono orgánico sea competitivo con los abonos orgánicos que hay en el mercado.

4.12 Precio de la Vinaza Como Fertilizante Orgánico

Una vez que se demostró la calidad nutritiva presente en la vinaza tratada se debe comparar con los precios de fertilizantes orgánicos líquidos que se ofrecen en el mercado del área de influencia de la empresa Comercializadora PAME SA de CV la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Uruapan, Michoacán, para llevar a cabo dicho análisis comparativo se realizó una búsqueda en 3 diferentes empresas que ofrecen éste tipo de fertilizantes y que ofrecen contener nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y otros que de igual manera se encuentran en la vinaza de la empresa motivo de estudio, el precio de venta de la vinaza se determinó una vez calculado, en el análisis financiero, que se detallara en el siguiente capítulo, el monto de amortización y depreciación de la inversión e incrementando un 40% el costo de producción de la vinaza como fertilizante orgánico líquido considerando que dicho monto sea menor al costo de los fertilizantes orgánicos líquidos comparados en el presente capítulo y que permita la recuperación de la inversión en un horizonte de tiempo de cinco años.

Las empresas visitadas son las que a continuación se enlistan:

Grupo Bionat Tres Palmas, cuya área de influencia y mercado cubre el estado de Michoacán, y el resultado es que ofrecen un fertilizante orgánico denominado Bionat en cuya ficha técnica garantiza, contener:

| Bionat | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Elementos y Microelementos | Concentración |

| | |
|-----------|------------|
| Fósforo | 0.218 % |
| Potasio | 1.196 % |
| Calcio | 0.752 % |
| Magnesio | 0.409 ppm |
| Azufre | 0.0008 % |
| Manganeso | 1.978 % |
| Sodio | 0.252 % |
| Hierro | 41.965 ppm |
| Zinc | 11.876 ppm |
| Cobre | 2.387 ppm |
| Aluminio | 0.004 ppm |
| Nitrógeno | 0.35% |

Cuadro No. 10

Y su precio al productor es de \$100.00 pesos por litro.

Micro Vida, ubicada en la ciudad de Morelia, Michoacán, y cuya área de mercado abarca la ciudad de Uruapan, Michoacán y el área de influencia de la empresa Comercializadora Pame, SA de CV El fertilizante orgánico líquido que ofrece dicha empresa y que tiene características semejantes a la vinaza tratada, es Vitalex que en su ficha técnica ofrece:

| Vitalex | |
|------------------------------------|----------------------|
| Elementos y Micro elementos | Concentración |

| | |
|-----------|-------------|
| Nitrógeno | 80 gr/litro |
| Fósforo | 80 gr/litro |
| Potasio | 80 gr/litro |

| | |
|-----------|--------------|
| Zinc | 450 mg/litro |
| Manganeso | 160 mg/litro |
| Boro | 15 mg/litro |
| Calcio | 100 mg/litro |
| Cobre | 60 mg/litro |

Cuadro No. 11

Y su precio al productor es de \$170.00 pesos por cada litro.

Centro de Desarrollo Tecnológico Salvador Lira, ubicado en las instalaciones de la cede de FIRA en la ciudad de Morelia, Michoacán debido a que ofrecen al productor lixiviado de vermicomposta de lombriz cuyas características hacen semejante el valor nutritivo del mismo con la vinaza tratada y de acuerdo al resultado de análisis de solución nutritiva de la ficha técnica garantiza:

| Vermicomposta | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Elementos y microelementos | Concentración |

| | |
|-----------|------------|
| Nitratos | 167.40 ppm |
| Fósforo | 140 ppm |
| Potasio | 5,000 ppm |
| Calcio | 95 ppm |
| Magnesio | 306 ppm |
| Fierro | 2.33 ppm |
| Zinc | 0.04 ppm |
| Cobre | 0.02 ppm |
| Manganeso | 0.21 ppm |

Cuadro No. 12

Y su precio de venta al productor es de \$20.00 pesos por litro.

| Cuadro Comparativo de Valor Nutritivo y Precio de Fertilizantes Orgánicos | | | | | |
|--|------------------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| Cantidades en ppm por Litro de Producto y precio en Pesos | | | | | |
| Elementos | Nitrógeno | Fósforo | Potasio | Calcio | Precio |
| Vinaza | 494 | 8000 | 9000 | 1500 | \$0.17534 |
| Bionat | 3500 | 2180 | 11196 | 752 | \$100.00 |
| Vitalex | 8000 | 8000 | 8000 | 10000 | \$170.00 |
| Lixiviado | No Indica | 140.22 | 5000 | 95 | \$20.00 |

Cuadro No. 13

Como se puede observar en el cuadro No. 13 el comparativo de la vinaza con otros fertilizantes orgánicos líquidos que se ofrecen en el mercado en el área de influencia de la empresa Comercializadora PAME SA de CV ofrecen los mismos macro elementos y micro elementos en diferentes cantidades entre cada uno y a diferentes precios; como se ha mencionado el objetivo del presente trabajo de investigación no pretende comprobar que el valor nutritivo que contiene la vinaza es mejor que otros fertilizantes solo pretende comprobar que dicho deshecho orgánico tiene un valor nutritivo que puede ser aprovechado y puede o no ser una oportunidad de negocio que ayuda al cuidado del medio ambiente y permite a la empresa recuperar su inversión en un horizonte de tiempo razonable sin incrementar sus costos de producción de alcohol, el precio determinado de venta de la vinaza se obtuvo sumando el costo producción más el costo de venta más un 40% para mantener un precio bajo y con el objetivo de llegar a una rentabilidad razonable que de la auto sustentabilidad del proyecto, tema que se analiza en el capítulo V.

Capítulo V

5.1 Análisis de la Inversión en la Planta de Tratamiento Biológico de la Vinaza de la Empresa Comercializadora PAME SA de CV

El análisis de la inversión en infraestructura para el tratamiento de la vinaza generada por la empresa Comercializadora PAME SA de CV consiste en revisar el proyecto desde la descripción técnica del mismo, la infraestructura y equipo propuesto, sus costos, el análisis financiero que determinara la auto sustentabilidad del mismo, el cumplimiento de normas ambientales y la estimación de los beneficios económicos con el proyecto de inversión una vez esté en marcha.

5.2 Descripción Técnica del Proyecto de Inversión

Objetivo General:

Cuidado del medio ambiente

Objetivo Específico:

Cumplir con la norma oficial NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, de observancia obligatoria, y mantener el valor nutritivo de la vinaza.

5.2.1 Descripción del Proceso de Tratamiento

a) Pre Tratamiento:

Dicha etapa, consiste en la separación de sólidos No Biodegradables como basura, fibra, plástico, vidrio, etc. Por medio de un registro con rejillas de acero inoxidable

con acceso para su mantenimiento. Al pasar dicho registro el agua residual llegara a una trampa de grasa y aceites con la finalidad de remover físicamente dichos contaminantes.

b) Inicio de Tratamiento:

Esta acción inicia en el registro de separación de sólidos y antes de la trampa de grasas y aceites, aplicando un manipulador bacteriano que estimula el crecimiento de las colonias de bacterias gram positivo, encargadas de llevar a cabo la biodigestión, y elimina de manera altamente eficiente las colonias de bacterias patógenas gram negativo, por medio de un dosificador electrónico desde un tanque de mezcla instalado a una distancia máxima de 2 m del registro. El manipulador bacteriano cuenta con registro OMRI Listed lsg-5470 Y es de grado alimenticio, NSF

c) Tratamiento:

Una vez aplicado el manipulador bacteriano y separados los contaminantes no biodegradables el agua es canalizada a los módulos de contención donde en el módulo número 1, llega el agua residual con una alta carga orgánica y bacteriana, (gram positivo) y es sometida a aireación por medio de un soplador regenerativo de bajo consumo de energía eléctrica, con la finalidad de detener el proceso de fermentación de la vinaza, de ahí se conduce por gravedad al segundo módulo de contención y por decantación pasa al tercer módulo, el tiempo total de contención del agua residual será de 48 horas con la finalidad de que el reactor biológico formado en los residuos orgánicos y estimulados con el manipulador bacteriano remuevan los contaminantes del agua. Una vez cumplido el tiempo mínimo de contención del agua, ésta es canalizada a un biofiltro construido en forma de canal de concreto y grava, y finalmente es conducida al punto de descarga a un contenedor de fertilizante líquido y cumplir con los objetivos propuestos.

d) Ventajas del Tratamiento Biológico Propuesto:

Las ventajas que se tienen con el tratamiento biológico propuesto y analizado en el presente trabajo de investigación son la ausencia de lodos residuales, la eliminación de malos olores, uso mínimo de energía eléctrica, no requiere de mano de obra calificada, es de uso simple y los insumos cuentan con certificado OMRI, Cofepris, EPA y NSF

e) Beneficios del Tratamiento Biológico propuesto:

Los beneficios del proyecto de tratamiento analizado en el presente trabajo de investigación son en primer lugar que contribuye al cuidado del medio ambiente, el resultado del tratamiento de la vinaza es una solución rica en nutrientes asimilables por las plantas y comparable con biofertilizantes líquidos que se ofrecen a los agricultores en el mercado del área de influencia de la empresa motivo de estudio, lo que representa la oportunidad de auto sustentabilidad en la operación de la planta tratadora de la vinaza, además se cumplirá con las normas vigentes en materia de descarga de aguas residuales y se evitaran sanciones y multas.

5.3 Conceptos y Costos de la Inversión

Para llevar a cabo el proyecto de la planta tratadora y generadora de biofertilizante se requiere de inversión en infraestructura, Tecnología, equipo y servicios profesionales de asesoría y monitoreo los cuales se describen en el siguiente resumen, ver cuadro No. 14

| Resumen de Conceptos y Costos de la Inversión | |
|---|--------------|
| Excavación y Nivelación de Terreno en una superficie de 10x30x1.6 metros | \$325,250.00 |
| Trampa de grasa de Tabique y cemento en una superficie de 1.5x0.80x1.0 metros | \$45,625.00 |
| Biofiltro de grava con dimensiones de 0.80x0.80x1.5 metros | \$47,907.00 |
| Malla ciclónica Perimetral en un perímetro de 88 metros | \$52,600.00 |

| | |
|---|-----------------------|
| Registro con rejillas de acero inoxidable | \$35,000.00 |
| Módulos de Contención y Flujo | \$225,000.00 |
| Servicios Profesionales de arranque | \$180,000.00 |
| Dosificador Electrónico de 1.5 L/seg | \$15,000.00 |
| Soplador Regenerativo de 20 HP | \$150,000.00 |
| Total de La inversión | \$1'076,382.00 |

Cuadro No.14

5.4 Análisis Financiero

Una vez cumplidas las premisas demostradas en el capítulo anterior referentes al valor nutritivo y el precio competitivo se realizan los cálculos para identificar la factibilidad financiera del proyecto de inversión de la planta tratadora de vinaza que generara un sub producto de calidad que permite la auto sustentabilidad del mismo. Para llevar a cabo el análisis financiero, partimos del importe total de la inversión del proyecto, se determinará el monto de depreciación, el valor actual neto, la tasa interna de retorno y el punto de equilibrio para identificar la rentabilidad, el tiempo de retorno de la inversión y con dichos datos se podrá sacar las conclusiones financieras.

5.4.1 Depreciación de la Inversión

Para determinar la depreciación de la inversión se consideró el concepto de servicios profesionales y estabilización como inversión diferida y amortizada en un horizonte de tiempo de cinco años, los conceptos de inversión fija son excavación y nivelación de terreno con una vida útil de veinte años y un valor de rescate de 0.0 la construcción de una trampa de grasa y aceites con una vida útil de veinte años y un porcentaje de rescate de 0.0 un biofiltro de grava con una vida útil de veinte años y un porcentaje de rescate de 0.0 malla ciclónica perimetral con una vida útil de ocho años y un porcentaje de rescate de 5% un registro con rejillas de acero inoxidable con una vida útil de veinte años y un valor de rescate del 1% módulos de

contención y flujo con una vida útil de quince años y un valor de rescate de 5% un dosificador electrónico con una vida útil de cinco años y un valor de rescate de 0.0 y un soplador regenerativo con una vida útil de cinco años y un valor de rescate de 1% con la finalidad de determinar el importe total de salvamento que nos permitirá hacer el cálculo del importe total de depreciación ver cuadro No. 15

| | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Valor de Salvamento | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|

| Inversión Diferida | | Vida útil | Porcentaje | Valor |
|---------------------------|--------------|-----------|------------|-------|
| Servicios Profesionales | \$180,000.00 | 5 | 0 | 0 |

| Inversión Fija | | Vida útil | Porcentaje | Valor |
|----------------------------|--------------|-----------|------------|-------------|
| Excavación y nivelación | \$325,250.00 | 20 | 0 | 0 |
| Trampa de grasa | \$45,625.00 | 20 | 0 | 0 |
| Biofiltro de Grava | \$47,907.00 | 20 | 0 | 0 |
| Malla ciclónica Perimetral | \$52,600.00 | 8 | 5 | \$2,630.00 |
| Registro con Rejillas | \$35,000.00 | 20 | 1 | \$350.00 |
| Módulos de contención | \$225,000.00 | 15 | 5 | \$11,250.00 |
| Dosificador Electrónico | \$15,000.00 | 5 | 0 | 0 |
| Soplador Regenerativo | \$150,000.00 | 5 | 1 | \$1,500.00 |

Cuadro No. 15

| | | |
|--------------|-----------------------|--------------------|
| Total | \$1'076,382.00 | \$15,730.00 |
|--------------|-----------------------|--------------------|

Una vez identificada la vida útil y el valor de rescate se calculó el importe de depreciación anual restando al monto de cada concepto de inversión fija y diferida el valor de salvamento para cada uno de ellos y se dividió entre el número de años de vida útil del mismo y haciendo la sumatoria de los conceptos, ver cuadro No. 15

El resultado del cálculo de la depreciación y amortización de la inversión es de \$111,867.85 pesos anuales en un horizonte de tiempo, ver cuadro No. 16

Cuadro de Depreciación

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Valor de Rescate |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Inversión diferida | | | | | | |
| Servicios profesionales de arranque | \$36,000.00 | \$36,000.00 | \$36,000.00 | \$36,000.00 | \$36,000.00 | \$0.00 |
| Inversión fija | | | | | | |
| Excavación y nivelación de terreno | \$16,262.50 | \$16,262.50 | \$16,262.50 | \$16,262.50 | \$16,262.50 | \$243,937.50 |
| Trampa de grasa de tabique y cemento | \$2,281.25 | \$2,281.25 | \$2,281.25 | \$2,281.25 | \$2,281.25 | \$34,218.75 |
| Biofiltro de grava | \$2,395.35 | \$2,395.35 | \$2,395.35 | \$2,395.35 | \$2,395.35 | \$35,930.25 |
| Malla ciclónica perimetral | \$6,246.25 | \$6,246.25 | \$6,246.25 | \$6,246.25 | \$6,246.25 | \$23,998.75 |
| Registro con rejillas de acero inoxidable | \$1,732.50 | \$1,732.50 | \$1,732.50 | \$1,732.50 | \$1,732.50 | \$26,687.50 |
| Módulos de contención y flujo | \$14,250.00 | \$14,250.00 | \$14,250.00 | \$14,250.00 | \$14,250.00 | \$165,000.00 |
| Dosificador electrónico | \$3,000.00 | \$3,000.00 | \$3,000.00 | \$3,000.00 | \$3,000.00 | \$0.00 |
| Soplador regenerativo | \$29,700.00 | \$29,700.00 | \$29,700.00 | \$29,700.00 | \$29,700.00 | \$3,000.00 |
| | \$75,867.85 | \$75,867.85 | \$75,867.85 | \$75,867.85 | \$75,867.85 | \$532,772.75 |
| Amortización y depreciación anual | \$111,867.85 | \$111,867.85 | \$111,867.85 | \$111,867.85 | \$111,867.85 | \$111,867.85 |

5.4.2 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

El cálculo del valor actual neto se realizó con la fórmula tradicional de la resta de la sumatoria de los flujos de efectivo a la inversión inicial, (VAN= Σ Flujos de efectivo- inversión inicial) la tasa interna de retorno se calculó con la fórmula que a continuación se detalla:

$$TIR = Tasa\ menor + Diferencia\ entre\ tasas \left(\frac{VAN\ de\ la\ tasa\ más\ baja}{Suma\ absoluta\ de\ VAN\ s} \right)$$

El resultado del desarrollo de las ecuaciones correspondientes y el cálculo requerido indica que el valor actual neto, (VAN) es de \$340,335.40 pesos y la tasa interna de retorno es de 24.24% el resultado de los cálculos anteriores indica una factibilidad positiva del proyecto de inversión ver cuadro No. 17

5.4.3 Punto de Equilibrio

Para identificar el punto de equilibrio en unidades y en ventas se considera un mes operativo de 20 días al precio definido de venta y se desarrollaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Punto de equilibrio en unidades} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio de venta unitario} - \text{Costo variable unitario}}$$

$$\text{Punto de equilibrio en ventas} = \frac{\text{Costos fijos}}{1 - \left(\frac{\text{Costos variables}}{\text{Ventas}} \right)}$$

5.4.4 Periodo de Recuperación

El periodo de recuperación indica el tiempo de recuperación de la inversión inicial en base al flujo de efectivo actualizado, la fórmula indica que el periodo de recuperación es igual al monto de la inversión inicial dividido entre el promedio de la sumatoria de flujos de efectivo actualizados y se representa de la siguiente manera:

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Promedio } \Sigma \text{ Flujos de efectivo actualizados}}$$

5.5 Resumen De los Indicadores Financieros

Resumen de Indicadores Financieros

| Indicador Financiero | Valor |
|---------------------------------|----------------|
| Inversión Inicial | \$1'076,382.00 |
| Precio de venta por litro | \$0.017534 |
| Ventas Anuales | \$757,003.30 |
| Costos Variables | \$428,848.80 |
| Costo Fijo Anual (Depreciación) | \$111,867.85 |
| VAN | \$340,335.40 |
| TIR | 24.24% |
| Punto de Equilibrio en Ventas | \$258,062.40 |
| Punto de Equilibrio en Unidades | 14'717,877.00 |
| Periodo de Recuperación | 3.8 Años |
| Tasa de Descuento | 13.66% |

Cuadro No. 18

El resultado de la evaluación financiera del proyecto, de acuerdo a los indicadores antes señalados demuestra la factibilidad positiva del proyecto propuesto y reflejan que la operación del mismo es auto sustentable y que la inversión en el proyecto se recupera en un corto plazo.

Conclusiones

El cuidado del medio ambiente significa proteger a las generaciones futuras de la sociedad, contribuye a la conservación de los recursos naturales, la salud pública e incluso el cuidado de la infraestructura de la que depende el hombre, es el motor del desarrollo social, agropecuario e industrial.

El saneamiento de las aguas residuales es fundamental para el cuidado del recurso hídrico de nuestro país. La inversión en infraestructura, insumos, equipo, servicios profesionales de arranque y monitoreo para el saneamiento de la vinaza de la empresa Comercializadora PAME SA de CV es viable desde el punto de vista financiero, es necesario desde el punto de vista de protección al medio ambiente y cumplimiento de las normas establecidas en materia de descarga de aguas residuales emitidas por las autoridades y si representa una oportunidad de negocio real para la empresa motivo de estudio siempre y cuando cumpla con las premisas propuestas en el presente trabajo de investigación que son llevar a cabo un tratamiento biológico y que preserve el valor nutritivo de la vinaza.

La diferencia entre el costo de producción de vinaza como fertilizante orgánico y los precios de los productos semejantes en el mercado permite tener un alto margen para darle al producto un valor agregado ya sea enriqueciéndolo, estableciendo un adecuado sistema de envasado, etiquetado, comercialización y distribución y seguir siendo un producto de bajo costo.

Llevar a cabo el proyecto propuesto en el trabajo de tesis elimina el costo de operación de tratamiento de aguas residuales y lo transforma en un costo de producción de un sub producto rentable.

Hacer un proyecto rentable para el tratamiento de aguas residuales implica realizar una evaluación técnica y financiera que permita identificar las características individuales de cada caso.

Glosario

1. **Recurso Hídrico:** Agua
2. **INEGI:** Instituto Nacional de Geografía e Informática
3. **CNA:** Comisión Nacional del Agua
4. **SEMARNAT:** Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales
5. **NOM:** Norma Oficial Mexicana
6. **SSA:** Secretaria de Salubridad y Asistencia
7. **°C:** Grados Centígrados
8. **mg/L:** Miligramos por cada Litro
9. **ml/L:** Mililitros por cada Litro
10. **NMP/100 ml:** Número Más Probable de colonias por cada 100 Mililitros
11. **SENASICA:** Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
12. **SAGARPA:** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
13. **Eutroficación:** Enriquecimiento del agua con nutrientes a un ritmo elevado
14. **Mineralización:** Proceso de Conversión de Materia Orgánica en Minerales
15. **msnm:** Metros Sobre el Nivel del Mar
16. **CaO:** Oxido de Calcio
17. **MgO:** Oxido de Magnesio

18. Lixiviados: Líquido resultante de un proceso de pre colación de un fluido a través de un sólido

20. PH: Potencial de Hidrógeno

Bibliografía

1. Ocion Water Scince Group, pagina web oficial 2013
2. Organización Mundial de la Salud, pagina web oficial 2015 Dr. Lee Jong Wook, Director General 2003-2006
3. INEGI, pagina web oficial 2015
4. CNA, pagina web oficial 2015
5. SEMARNAT, pagina web oficial 2015
6. SSA, pagina web oficial 2015
7. SENACICA, pagina web oficial 2015
8. SAGARPA, pagina web oficial 2015
9. Boletín Normas Oficiales Mexicanas, 2015
10. Diagnóstico de las Aguas Residuales en México, SEMARNAT 2008
11. Ficha Sobre Abonos Orgánicos, SAGARPA 1987
12. Directrices para el Uso sin Riesgo de Aguas Residuales y excretas en la Agricultura, Medidas de Protección de la Salud Pública, Duncan Mara y Sandy Carlncross OMS 1990
13. Alternativas para el Tratamiento del Residual de la Destilería el Paraíso, López G.L. 1990
14. Impacto de la Vinaza sobre el Medio Ambiente, Perdigón Martín Susana 2005
15. Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica de Lixiviados provenientes de Granja lombrícola en Tlajomulco, Jalisco, Departamento de Ciencias Ambientales Universidad de Guadalajara 2012
16. Bitácora de Producción Comercializadora PAME SA de CV 2000-2015
17. Reporte de Análisis de Valor Nutritivo, Laboratorio Phytomonitor 2013

18. Propuesta de Tratamiento de Vinaza de la empresa Itsi Especialistas 2013

19. Reporte Nuestro Futuro Común, Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo 1987