



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
**MAESTRÍA EN INGENIERIA AMBIENTAL**

“TRABAJO DE TITULACIÓN EXAMEN COMPLEXIVO”  
PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN  
INGENIERIA AMBIENTAL

**“EFICIENCIA IN VITRO DE MICROORGANISMOS (EM) EN AGUAS  
RESIDUALES DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN DE LA CIUDAD DE  
CALCETA- BOLÍVAR –MANABÍ”**

AUTOR:  
Q.F. PATRICIO NOLES AGUILAR

DIRECTOR:  
ING. CARLOS MUÑOZ CAJIAO Msc.

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**MARZO 2016**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO:** "EFICIENCIA IN VITRO DE MICROORGANISMOS (EM) EN AGUAS RESIDUALES DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN DE LA CIUDAD DE CALCETA- BOLÍVAR –MANABÍ"

**AUTOR:**  
Q.F. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR

**REVISORES:**  
Ing. Carlos Muñoz Cajiao. MSc. (TUTOR)  
Ing. Sandra Peña Murillo MSc.  
Ing. Gonzalo Villa Manosalvas MSc.

**INSTITUCIÓN:**  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

**FACULTAD:**  
INGENIERIA QUIMICA

**PROGRAMA:** MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**  
MARZO 2016

**NO. DE PÁGS:** 70

**ÁREA TEMÁTICA:** MEDIO AMBIENTE

**PALABRAS CLAVES:**

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS, MICROORGANISMOS, CONTAMINACIÓN

**RESUMEN:**

En América Latina, con sólo una cobertura del 49% de alcantarillado, más de 40 millones de metros cúbicos por día de aguas residuales se colectan y se vierten a los ríos, lagos y mares. Si en el Año 2000, el 90% de la población nos beneficiáramos con este servicio estaríamos arrojando más de 100 millones, agravando aún más la situación. En el Ecuador el manejo de desechos líquidos, en lo que respecta al tratamiento de aguas residuales domésticas, representan un gran problema en sus ciudades por la falta de inversión económica, y el poco interés ambiental por parte de las autoridades competentes, lo cual está dando lugar a una contaminación progresiva de este recurso renovable .

La siguiente investigación está relacionada con la aplicación de un tratamiento biológico a utilizarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación) con microorganismo eficaces (EM) de la ciudad de Calceta en laboratorio. En la actualidad la cantidad de aguas residuales se ha incrementado considerablemente debido al desarrollo ya que la cantón Bolívar cuenta con 40.735 habitantes y la ciudad de Calceta con una población aproximada de 25.000 habitantes y es pertinente citar que cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema de salud pública.

**Nº DE REGISTRO):**

**Nº DE CLASIFICACIÓN:**

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web)**

**ADJUNTO URL (tesis en la web):**

**ADJUNTO PDF:**

SI  NO

**CONTACTO CON AUTORES/ES:**

**Teléfono:**0999519044

**Email:**  
qfpato@hotmail.com

**CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:**

**Nombre:** Facultad de Ingeniería Química

**Teléfono:** (04) 2292949

## **APROBACION DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental, nombrado por el Decano de la Facultad de Ingeniería Química, CERTIFICO: que he analizado el estudio de caso presentada como examen complejo, como requisito para optar el grado académico de Magíster en Ingeniería Ambiental, titulada: *”Eficiencia In vitro de microorganismos (EM) en aguas residuales de lagunas de oxidación de la ciudad de Calceta- Bolívar – Manabí”*, la cual cumple con los requisitos académicos, científicos y formales que demanda el reglamento de posgrado

**Atentamente**

**Ing. Carlos Muñoz Cajiao MSc**

**TUTOR**

Guayaquil, Marzo de 2016

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor para mis hijos: María de los Ángeles, Sebastián y en especial a mi esposa Katherine, que me ha servido de apoyo para trascender en todos los momentos de mi vida, ya que por ellos me he esforzado para darles ejemplo de superación, trabajo; y culminar con éxito la maestría.

**Patricio Noles Aguilar**

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente doy gracias a Dios por darme la vida y salud para concluir mis estudios, mis hijos que con su amor me apoyaron en mi propósito; a mi esposa por estar siempre a mi lado impulsándome para que siga adelante; al Ing. Carlos Muñoz y a los profesores que me impartieron sus conocimientos, y a la Universidad de Guayaquil que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimiento.

**Patricio Noles Aguilar**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente;  
y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

---

**Patricio Javier Noles Aguilar**

## **ABREVIATURAS**

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**EM:** Microorganismos Eficientes.

**INEN:** Servicio Ecuatoriano de Normalización.

**GAD:** Gobierno Autónomo Descentralizado.

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**RLGAPCCA:** Reglamento a la ley de gestión ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental.

**S.S.:** Sólidos Suspendidos.

**TULSMA:** Texto Unificado de la legislación secundaria ambiental ecuatoriana.

# CONTENIDO

PORTADA	
REPOSITORIO	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
CONTENIDO DE TABLAS .....	ix
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objeto de Estudio .....	2
1.2 Campo de Investigación .....	2
1.3 Pregunta científica .....	3
1.4 Delimitación del problema .....	3
1.5 Justificación .....	4
1.6 Objetivos.....	5
1.7 Premisa .....	6
1.8 Solución propuesta .....	6
CAPITULO 2 .....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA .....	7
2.1 Marco Teórico.....	7
2.1.1 Teorías generales .....	7
2.1.2 Teorías sustantivas.....	13
2.1.3 Referentes empíricos .....	16

2.2	Marco Metodológico.....	17
2.2.1	Metodología Usada.....	17
2.2.2	Categorías .....	21
2.2.3	Dimensiones .....	21
2.2.4	Instrumentos .....	22
2.2.5	Unidad de Análisis.....	22
2.2.6	Gestión de datos.....	22
2.2.7	Criterios Éticos .....	23
2.2.8	Resultados.....	24
2.2.8.1.-	Interpretación estadística.....	26
2.1.8.2.-	Eficiencia de tratamiento.....	33
	SOLUCIÓN PROPUESTA .....	37
	CONCLUSIONES.....	38
	RECOMENDACIONES .....	38

### **CONTENIDO DE TABLAS**

Tabla N° 2.1.-	Parámetros de análisis.....	19
Tabla N° 2.2.-	Estadística descriptiva general.....	27
Tabla N° 2.3.-	Estadística descriptiva por tratamiento.....	28
Tabla N° 2.4.-	Análisis de varianza para un diseño en bloques al azar.....	29

### **CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura N° 2.1.- Ubicación geográfica de las lagunas de oxidación de la ciudad de Calceta – Bolívar – Manabí.....	18
Figura 2.2.- Determinación del grado de Eficiencia de Plantas de Aguas Residuales (OPS 1992).....	21
Figura N° 2.3.- Datos de Aguas Residuales de Laguna de Oxidación de Ciudad de Calceta (10/08/2013). Laboratorios ESPAM “MFL” .....	25
Figura N° 2.4.- Análisis de Laboratorio (Dosis 1 ml/L).....	25
Figura N° 2.5.- Análisis de Laboratorio (Dosis 5 ml/L).....	26
Figura N° 2.6.- Análisis de Laboratorio Tratamiento 3.....	26
Figura N° 2.7 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 1 ml/L).....	33
Figura N° 2.8 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 1 ml/L) .....	34
Figura N° 2.9 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 5 ml/L).....	34
Figura N° 2.10 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 5 ml/L) .....	35
Figura N° 2.11 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 10 ml/L).....	35
Figura N° 2.12 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 10 ml/L) .....	36

## **RESUMEN**

En América Latina, con sólo una cobertura del 49% de alcantarillado, más de 40 millones de metros cúbicos por día de aguas residuales se colectan y se vierten a los ríos, lagos y mares. Si en el Año 2000, el 90% de la población nos beneficiáramos con este servicio estaríamos arrojando más de 100 millones, agravando aún más la situación. En el Ecuador el manejo de desechos líquidos, en lo que respecta al tratamiento de aguas residuales domésticas, representan un gran problema en sus ciudades por la falta de inversión económica, y el poco interés ambiental por parte de las autoridades competentes, lo cual está dando lugar a una contaminación progresiva de este recurso renovable .

La siguiente investigación está relacionada con la aplicación de un tratamiento biológico a utilizarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación) con microorganismo eficaces (Em) de la ciudad de Calceta en laboratorio. En la actualidad la cantidad de aguas residuales se ha incrementado considerablemente debido al desarrollo ya que la cantón Bolívar cuenta con 40.735 habitantes y la ciudad de Calceta con una población aproximada de 25.000 habitantes y es pertinente citar que cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema de salud pública.

### ***Palabras Claves***

Aguas Residuales Domesticas, Microorganismos, Contaminación.

## **ABSTRACT**

In Latin America, only 49% coverage of sewerage, more than 40 million cubic meters per day of wastewater are collected and discharged into rivers, lakes and seas. If in the year 2000, 90% of the population beneficiáramos us with this service we would be throwing more than 100 million, further aggravating the situation. In Ecuador liquid waste management, with regard to the treatment of domestic sewage, a major problem in their cities by the lack of economic investment, and low environmental interest from the competent authorities, which is giving in progressive contamination of this renewable resource.

The following research is related to the application of a biological treatment system used in wastewater treatment (oxidation ponds) with effective microorganisms (EM) City Calceta laboratory. At present the amount of waste water has increased considerably due to the development as the Bolívar canton has 40,735 inhabitants and the city of Calceta with a population of about 25,000 inhabitants and is relevant to mention that when domestic type wastewater are released rivers or water bodies without any treatment or disinfection often contaminate with high concentrations of bacteria, viruses and parasites creating a serious public health problem.

***Keywords:***

Domestic Wastewater, Microorganisms Pollution.

# CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

En América Latina, con sólo una cobertura del 49% de alcantarillado, más de 40 millones de metros cúbicos por día de aguas residuales se colectan y se vierten a los ríos, lagos y mares. Si en el Año 2000, el 90% de la población nos beneficiáramos con este servicio estaríamos arrojando más de 100 millones, agravando aún más la situación. Por ello, el desafío técnico es proponer soluciones -dentro de una crisis económica que nos afecta- que reduzcan la contaminación y que generen beneficios adicionales a la agricultura y acuicultura.

Del volumen colectado por los sistemas de alcantarillado, menos del 10% recibe tratamiento previo a su descarga en un cuerpo de agua superficial, o previo al riego de productos agrícolas. Esta situación afecta la calidad de las aguas que son utilizadas como fuentes de abastecimiento pues presentan altos niveles de contaminación microbiológica (16 ríos de América superan los 1,000 coliformes fecales/100 ml). Estas aguas riegan alimentos que se contaminan, lo que incrementa los riesgos para la salud y limitan el uso recreacional de las playas. Esta situación de grave impacto económico afecta a las exportaciones de productos hidrobiológicos y al turismo.

No se tiene un real conocimiento de que la capacidad de renovación de los cuerpos de agua sea finita y se ha preferido creer que la auto purificación del agua por parte de la naturaleza es ilimitada. Los niveles de decisión política de nuestros países - tanto central como local- y las agencias de crédito internacional, no le han otorgado prioridad a la descontaminación de las aguas superficiales.

Por otro lado, no existe una percepción cabal de los riesgos para la salud originados por la disposición de las aguas residuales sin tratamiento previo. Sin embargo, cuanto mayores son los niveles de contaminación bacteriológica, mayores son los niveles de exposición de la población y los riesgos para la salud; consecuentemente, mayor es el impacto económico derivado de la contaminación.

La siguiente investigación está relacionada con la aplicación de un tratamiento biológico para utilizarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación) con microorganismo eficaces (*EM*) de la ciudad de Calceta. En la actualidad la cantidad de aguas residuales se ha incrementado considerablemente debido al desarrollo ya que la cantón Bolívar cuenta con 40.735 habitantes y la ciudad de Calceta con una población aproximada de 25.000 habitantes y es pertinente citar que cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema de salud pública..

## **1.1 OBJETO DE ESTUDIO**

Aguas Residuales Domesticas provenientes de las lagunas de oxidación de la Ciudad de Calceta

## **1.2 CAMPO DE INVESTIGACIÓN**

Tratamiento biológico de Aguas Residuales Domesticas con microorganismos eficiente (*EM*).

### **1.3 PREGUNTA CIENTÍFICA**

¿Estos microorganismos (EM) permitirán obtener una dosificación adecuada para mejorar el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Calceta Cantón Bolívar y así disminuir su olor y contaminación?

### **1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

Aunque la capacitación y drenaje de aguas pluviales datan de tiempos antiguos, la recogida de aguas residuales no aparece hasta principio del siglo XIX, mientras el tratamiento sistemático de las aguas residuales data de finales del siglo pasado y principios del presente<sup>1</sup>.

En la mayor parte del mundo la integración del ambiente a todos los aspectos de la vida en sociedad, es en la actualidad un hecho innegable y aceptado como permanente, a pesar de las diferencias que puedan existir en el ritmo y la velocidad con que esta integración se produzca en cada situación en concreto.

En la actualidad uno de los grandes problemas que enfrenta el mundo es la contaminación ambiental como producto del consumo masivo de la sociedad y de sus diversas actividades que dan como resultado la generación de desechos líquidos y sólidos. Lo cual ha tenido como consecuencia una degradación permanente del medio que nos rodea afectando la salud pública, el área paisajística de ciudades, bosques y nuestro planeta en general.

En el Ecuador el manejo de desechos líquidos, en lo que respecta al tratamiento de aguas residuales domésticas, representan un gran problema en sus ciudades por la

---

<sup>1</sup>Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertidos y reutilización. España 1995

falta de inversión económica, y el poco interés ambiental por parte de las autoridades competentes, lo cual está dando lugar a una contaminación progresiva de este recurso renovable.

La ciudad de Calceta Cantón Bolívar de la provincia de Manabí no se escapa a esta realidad; posee un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, constituido por una laguna de estabilización, la cual no proporciona un mecanismo de operación eficiente para las aguas servidas. Dando lugar a la producción de malos olores, proliferación de insectos (moscas y mosquitos) y enfermedades que afectan de una forma directa a esta población.

Con el fin de minimizar este problema y los análogos a la salud pública, y degradación del recurso agua se propone una investigación in vitro que permitirá cumplir con los requisitos expresados según la norma de tratamiento y descarga de aguas residuales (referencia bibliográfica de la norma), la cual tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El aporte teórico y práctico es muy significativo pues el producto final que se obtendría es una estación depuradora que cumplirá con todos los parámetros permitidos por la legislación ambiental secundaria, el “Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, enmarcándose en el Objetivo 7 de “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global”.

Hoy en día el aumento de los costos en los tratamientos fisicoquímicos para estas aguas, limita la eficacia. Por lo cual se ha estimulado el desarrollo de nuevas tecnologías innovadoras para la depuración de las mismas. Por lo que, los

tratamiento biológicos con microorganismos eficientes (EM) representa una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de aguas afectadas por contaminantes naturales y antropogénicos.

La presente investigación pretende evaluar microorganismos bacterianos como posibles remediadores de estas aguas. El propósito es evaluar la capacidad de estos microorganismos para su posible aplicación en bioremediación de esta agua residuales domésticas.

Es necesario por lo tanto introducirse en un proyecto de esta naturaleza, con el uso de metodologías que viabilicen nuevas alternativas biológicas y sin producir impactos negativos al medio ambiente, para lograr obtener un verdadero sistema depurador de aguas residuales domésticas y satisfacer las demandas de los ciudadanos de la ciudad de Calceta

## **1.6 OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar la eficiencia in vitro con microorganismos eficaces para disminuir la contaminación de las lagunas de oxidación de la ciudad de Calceta.

### **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la zona de evaluación para el tratamiento de las aguas Residuales
- Determinar la eficiencia del tratamiento con EM (microorganismos) para mejorar el sistema

## **1.7 PREMISA**

Con esta investigación permitirá hacer un balance de la actual laguna de oxidación y proponer también soluciones para optimizar este proceso, comprobando que cumpla con los niveles permisibles de descarga según lo establecidos en la Legislación Ambiental Secundaria Ecuatoriana 2015.

## **1.8 SOLUCIÓN PROPUESTA**

Con el fin de minimizar este problema y los análogos a la salud pública, y degradación del recurso agua se propone una investigación relacionada con la aplicación de una dosis adecuada *in vitro* de un tratamiento biológico a utilizarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación) con microorganismo eficaces (Em) de la ciudad de Calceta que permitirá cumplir con los requisitos expresados según la norma de tratamiento y descarga de aguas residuales (referencia bibliográfica de la norma), la cual tiene como objetivo la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua.

## **CAPITULO 2**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA**

#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 TEORÍAS GENERALES**

###### **EI AGUA.- GENERALIDADES**

“Si hay magia en este planeta, está en el agua”.

LOREN EISLEY.

Vivimos en un planeta acuático o del agua, en efecto, este recurso dador de vida cubre el 71% de su superficie.

La cantidad de agua dulce en la tierra, relativamente pequeña, se recicla y purifica de manera constante en el ciclo hidrológico. De la totalidad de agua de la tierra el 3% es agua dulce y la cantidad utilizable es el 0,003%.

A pesar de su importancia, el agua es uno de los recursos más deficientemente administrados en el planeta Agua ya que se la desperdicia y contamina. "También nos ocupamos muy poco de hacerla disponible y aprovechable, fomentando aún más el desperdicio y contaminación de este vital recurso renovable". (Miller, 1997).

###### **CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA**

"Un ecosistema, un lago o un río, por sí mismo es una unidad más bien artificial en cuanto a que muchas de sus características están determinadas más bien por la naturaleza, las dimensiones y la forma del terreno que la rodea y por las aguas de drenaje que se introducen en ella" Henry (1999). La unidad ecológica es el río y su cuenca colectora conocida también como área de captación u hoya tributaria.

"La calidad de las aguas superficiales es afectada por la atmósfera a través de la cual la lluvia cae, por la naturaleza del suelo y de la vegetación sobre la cual el agua de superficie escurre y por el grado de actividad humana en la cuenca. La composición de las aguas que se introducen en ríos y lagos puede cambiar a causa de gases industriales que son arrastrados de fuentes distantes y se disuelven en el agua de lluvia que cae sobre el área de captación. Las migraciones de aves pueden tener un efecto considerable en la calidad de agua de los lagos que se encuentran a su paso ya que pueden aportar sales y nutrientes con sus excreciones. El desagüe de áreas muy boscosas es rico en materia orgánica y de color amarillo pardusco debido a los ácidos húmicos. El desagüe de terrenos estériles deforestados puede ser muy turbio a causa de una fuerte carga de sedimentos que es producto de la erosión del suelo" (Henry, 1999).

El efecto de las descargas de aguas negras y residuos industriales en la calidad del agua puede ser grave, en particular por lo que toca al contenido orgánico". (Henry, 1999).

### **AGUAS RESIDUALES**

Los residuos que excretan los humanos se conocen como aguas negras sanitarias. Las aguas residuales de áreas residenciales llamadas aguas negras domésticas, incluyen residuos provenientes de cocinas, baños, lavados de ropa y drenaje de pisos. Estas, junto con los residuos líquidos de los establecimientos comerciales e industriales se designan como aguas residuales municipales. (Tyler Miller, 1997).

### **AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES**

Las aguas residuales municipales, también llamadas aguas negras, son una mezcla compleja que contiene agua (99%) mezclada con contaminantes orgánico e

inorgánico, tanto en suspensión como disueltos. La concentración se expresa en mg/L. También puede expresarse en mg/Kg o ppm.

## **PROCESOS DE TRATAMIENTO**

(Kiely, 1999), plantea que "el objetivo de un tratamiento de agua residual es el de proteger la calidad de las aguas receptoras de esta agua y esto se logra (entre otros) con plantas depuradoras diseñadas para":

- Reducir la DBO5
- Reducir la STS
- Reducir N y P
- Reducir coliformes totales.

Los contaminantes en suspensión, coloidales y disueltos (orgánicos e inorgánicos) en las aguas residuales, se pueden separar físicamente, transformarse por medios biológicos o someterse a modificaciones químicas.

"Este proceso se denomina estabilización o mineralización y su consecuencia inmediata es la disminución de la DBO5 y de los microorganismos patógenos. Los procesos biológicos de tratamiento de las aguas negras se fundamentan en las interrelaciones de los microorganismos entre sí (mutualismo, comensalismo, competición, depredación, etc.) y con el ambiente (condiciones de pH, conductividad eléctrica, temperatura, humedad, etc.) Para evaluar la eficiencia de la eliminación de los microorganismos por medio de los métodos de tratamiento, es necesario cuantificarlos usando técnicas simples y económicas. También hay necesidad de utilizar microorganismos indicadores de contaminación fecal, que señalen con su presencia la contaminación por heces o por aguas residuales y, en consecuencia, riesgos potenciales para la salud pública", según Hoadley y Dutka, mencionados por (Rolim Mendonca, 2000).

Los contaminantes se eliminan de las aguas residuales en orden de dificultad creciente.

Primero se retienen palos, trapos y diversos objetos grandes en tamices burdos con espacios de 100 a 150 mm.

Después se separa la arenilla, que es un material que desgasta los equipos, ocupa espacio y se sedimenta de acuerdo con la ley de Stokes. En este punto la mayor parte de los sólidos pequeños todavía están en suspensión y la parte sedimentable de los mismos (alrededor del 50%) se puede separar y concentrar en los tanques primarios de sedimentación por gravedad. Los lodos se envían a un digestor y el efluente del tanque primario clarificado fluye hacia las unidades de tratamiento secundario. La última etapa del tratamiento de aguas residuales es la desinfección del efluente de la planta antes de que se descargue en las aguas receptoras.(Henry, 1996)

## **PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

“Uno de los grandes logros de la tecnología moderna ha sido la reducción drástica de las enfermedades de transmisión por agua como el cólera y la fiebre tifoidea. Estas afecciones ya no constituyen los grandes peligros para la salud pública que fueron en su época. La clave de este avance fue el reconocimiento de que el abasto público de agua con desechos humanos era la fuente principal de infección y se podía eliminar tratando el agua de manera más eficaz y eliminando los residuos de una forma más apropiada". (Henry, 1999).

## **LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

Las lagunas de estabilización, describe (Mendonca, 2000)," son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidas por

excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada.

El tratamiento a través de lagunas tiene tres objetivos:

- Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación
- Eliminar los microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
- Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades como agricultura, por ejemplo.
- Por tanto, los factores que influyen sobre la calidad deseada para el efluente de las lagunas de estabilización dependen de la visión de los diferentes sectores: salud: número de patógenos o indicadores.
- Medio ambiente: principales indicadores de la contaminación, es decir, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos (SS).
- Reutilización: dependiendo del uso que se dará al efluente, se definirán los criterios para la reducción de DBO y SS y bacteriológica.

(Mendonca, 2000), también añade que la mayoría de países de clima tropical ofrece condiciones ideales para el tratamiento de las aguas residuales mediante procesos naturales, como es el caso de las lagunas de estabilización. Esto se debe principalmente a la temperatura ambiente. Este autor también describe el proceso que se da en una "laguna de estabilización"; las bacterias descomponen la materia orgánica, formando nitrógeno inorgánico,  $\text{NH}_3$ , fosfatos,  $\text{PO}_4$ , y dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ . Las algas usan estos compuestos, junto con la energía de la luz solar,

para la fotosíntesis, liberando oxígeno para la solución. El oxígeno es a su vez, asimilado por las bacterias, cerrando así el ciclo. El efluente de una laguna de estabilización contiene algas suspendidas, y el exceso de los productos finales de la descomposición bacteriana.

El mismo autor indica las principales ventajas de los sistemas de lagunas de estabilización:

- Bajo costo
- Necesitan poco o ningún componente importado
- Nulo consumo energético
- Simples de construir y de operar
- Confiables y fáciles de mantener
- Pueden absorber aumentos bruscos de cargas hidráulicas u orgánicas
- Posibilidad de uso como sistemas reguladores para riegos.
- Fácil adaptación a variaciones estacionales.
- Posibilidad de tratar vertimientos industriales fácilmente biodegradables (mataderos, lecherías, industrias de frutas, etc.)
- Elevada estabilización de la materia orgánica.
- Producen un efluente de alta calidad, con excelente reducción de microorganismos patógenos.

"La única desventaja de las lagunas de estabilización es que requieren más terreno que cualquier otro tipo de tratamiento de aguas residuales".

## 2.1.2 TEORIAS SUSTANTIVAS

### CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Contaminación del agua es un término poco preciso que dice poco acerca del tipo de contaminante y de su fuente.

La contaminación de los recursos hidráulicos puede ser consecuencia directa del desagüe de aguas negras o de descargas industriales; estas son fuentes puntuales, o indirecta de la contaminación del aire, o de desagües agrícolas o urbanos, que son fuentes no puntuales. (Henry, 1999).

(Dickson, 2000), anota que la contaminación del agua se define como sigue:

"Cualquier impedimento de la calidad del agua que afecte más razonable al agua para usos benéficos o a las instalaciones que sirvan para dichos usos benéficos".

Los contaminantes del agua pueden ser de diverso tipo y origen así:

- a. "Contaminantes físicos, arena, arcilla, tierra cenizas, desechos sólidos, materia vegetal agrícola, grasa, breas, basura, papel, hule, madera, metales y plásticos. Estos afectan al aspecto del agua, y cuando se sedimentan en el lecho o flotan en la parte superior del cuerpo de agua interfieren con la vida animal.
- b. Los contaminantes químicos incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos. Los compuestos inorgánicos provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales que contienen diversas sustancias disueltas. Entre estos compuestos están las sales metálicas como cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos y carbonatos. También los desechos de ácidos, bases y gases tóxicos disueltos tales como dióxido de azufre, amoníaco, sulfuro de hidrógeno

y cloro. Los ácidos pueden ser mortales para la vida acuática y originan la corrosión de metales y concreto.

- c. Los contaminantes orgánicos son compuestos que contienen carbono y provienen de desechos domésticos, agrícolas e industriales. Entre estos están los desechos de los seres humanos y animales, procesamiento de alimentos y desecho de mataderos, compuestos químicos industriales y solventes, aceites, breas, tinturas y compuestos químicos orgánicos de tipo sintético como los insecticidas, estos pueden interferir con la vida acuática o ser tóxicos para ella.
- d. Los contaminantes biológicos incluyen bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Ciertas bacterias son inofensivas y otras participan en la descomposición de compuestos orgánicos del agua. Las bacterias y los virus indeseables son los que producen enfermedades como la tifoidea, la disentería, la poliomielitis, la hepatitis y el cólera."

### **EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES**

El agua se contamina cuando la descarga de residuos perjudica la calidad del agua o perturba el equilibrio ecológico natural.

Los contaminantes que causan problemas comprenden organismos causantes de enfermedades (patógenos), materia orgánica, sólidos, nutrientes, sustancias tóxicas, color, espuma, calor y materiales radiactivos. (Henry, 1999)

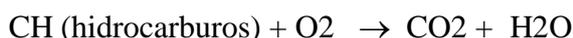
Las aguas nunca están libres de microorganismos, estos realizan actividades anabólicas, en que el organismo gasta energía y catabólicas en que proporcionan energía. Así por ejemplo, la fotosíntesis es la reacción en la que los organismos utilizan la energía radiante para impulsar una reacción de oxidación - reducción en

la que el dióxido de carbono se reduce a materia orgánica mediante el agua y con producción de oxígeno. La fotosíntesis es en último término responsable de la mayoría de la materia orgánica responsable en la tierra y en las aguas naturales como muchas otras reacciones biológicas influyen sobre la calidad del agua.

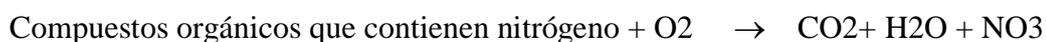
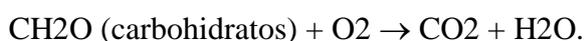
Las actividades anabólicas de los organismos acuáticos también modifican la calidad del agua. Como la elaboración del material celular requiere el uso de elementos como nitrógeno, fósforo y potasio además de carbono, hidrógeno y oxígeno, el crecimiento de algas en agua productiva puede agotar casi por completo las concentraciones de nitrógeno y fósforo en ella; de hecho, esta situación se da en donde la cantidad y rapidez de los microorganismos fotosintéticos acuáticos están controladas por las concentraciones de nutrientes como nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$ ) y fósforo ( $\text{PO}_4^-$ ). (Domínguez, 2001).

(Dickson, 2000), anota que "la descomposición de materiales orgánicos en el agua se produce sobre todo por la acción de las bacterias y otros organismos presentes en ella. Las bacterias utilizan los compuestos orgánicos como alimento y los usan como fuentes de energía para los procesos de oxidación biológica. En esta descomposición bacteriana se consume el oxígeno disuelto y se produce bióxido de carbono, agua y varios iones no degradables. Ejemplo:

Bacterias



Bacterias



Estos se denominan contaminantes reductores de oxígeno.

Cuando hay un volumen insuficiente de oxígeno en el agua, se puede seguir produciendo la desintegración bacteriana de todos los compuestos orgánicos; pero no produce las mismas sustancias:

Compuestos orgánicos que desintegración Anaeróbica  
Contienen azufre y nitrógeno + H<sub>2</sub>O → CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>S+CH<sub>4</sub>+NH<sub>4</sub>

La descomposición anaeróbica produce gases que forman burbujas en el agua y que contribuye a que en ella haya malos olores.

### **REQUISITOS DE LOS EFLUENTES**

"El objetivo primordial del tratamiento de aguas residuales consiste en eliminar o modificar los contaminantes perjudiciales para la salud humana o el entorno acuático, terrestre o aéreo. Por lo común la práctica para deshacerse de aguas residuales tratadas o sin tratamiento, son los ríos, lagos y océanos. Para proteger estos recursos hidráulicos se debe controlar la descarga de contaminantes en los mismos. (Henry, 1999).

Según el artículo 92 del (TULSMA, 2015). El permiso de descargas, emisiones y vertidos es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dictaren en el cantón y provincia en el que se encuentran esas actividades. El permiso de descarga, emisiones y vertidos será aplicado a los cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado, al aire y al suelo.

### **2.1.3 REFERENTES EMPÍRICOS**

### **MICROORGANISMOS EFICACES Y SU UTILIZACION EN AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.**

Se usa el término “microorganismos eficaces o en inglés “efficient microorganisms (EM)” para denotar cultivos mixtos específicos microorganismos benéficos conocidos que son empleados efectivamente como inoculantes microbianos (Higa y Parr, 1994). EM es una tecnología desarrollada por el doctor Teruo Higa en la década de los ochenta en Okinagua, Japón y ha sido empleada en diferentes campos como la agricultura, industria animal, remediación ambiental, entre otros y se encuentre en la actualidad ampliamente distribuida (Sangkkara, 2002).

EM es un cultivo mixto de microorganismos no modificados genéticamente, con diversos tipos de metabolismos, que al encontrarse juntos presentan relaciones sinergistas, de cooperación y cometabolismo (Higa y Parr, 1994).

Aunque EM ha sido usado exitosamente en muchos aspectos de manejo ambiental no existen muchos reportes científicos de su uso en aguas residuales (Okuda y Higa, 2005). La razón por la cual EM ha sido empleado para el tratamiento de AR es que los microorganismos que contiene secretan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelantes metálicos creyó un ambiente antioxidantes que ayude al proceso de separación solido/liquido, el cual es fundamento de la limpieza del agua (Higa y Chinen, 1998).

## **2.2 MARCO METODOLÓGICO**

### **2.2.1 METODOLOGIA USADA**

El Cantón Bolívar, ubicado al norte de la provincia de Manabí es una población en constante desarrollo, actualmente tiene una población de 43.000 habitantes, el 39,2% se ubica en el sector urbano y el 60,8% en el Rural.

Las lagunas de oxidación se encuentran al norte de la ciudad de Calceta, en la Ciudadela Francisco González (Zona 17M 591828.38 m E / 99069772.70 m S).



Figura N° 2.1.- Ubicación geográfica de las lagunas de oxidación de la ciudad de Calceta – Bolívar – Manabí.

La investigación tuvo un análisis deductivo porque se partió de lo general a lo particular.

La modalidad de investigación que se uso fue bibliográfica, de campo mediante la realización de entrevistas y de la observación.

El nivel de investigación fue exploratorio que nos sirvió para recolectar elementos básicos o indicadores que permitieron realizar una investigación adecuada del objeto en estudio.

En el método descriptivo se realizó un diagnóstico del sistema actual, la evaluación de la contaminación de la subcuenca del rio Carrizal, la selección de los sitios de muestreo de los efluentes, determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para luego compararlos con los parámetros con el TULSMA, para definir una dosificación adecuada para este sistema.

Previo a esto se hizo un monitoreo en el efluente de las lagunas de oxidación, mediante:

- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, del RLGAPCCA.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

**Tabla N° 2.1.- Parámetros de análisis**

<b>DETERMINACION</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>MÉTODO</b>
DBO <sub>5</sub>	<i>Determinación de Oxígeno disuelto (Cell Ox) e incubadora a 20°C( Oxitop Box)</i>	S.M. 21TH 5220 D
DQO	<i>Termoreactor y espectrofotómetro (NOVA 60)</i>	S.M. 21TH 5210 D
FOSFORO	<i>Equipo de filtración y y espectrofotómetro (NOVA 60)</i>	NOVA 60 147290
NITROGENO TOTAL	<i>Espectrofotométrico</i>	NOVA 60 14537
pH	<i>Multiparametrico (WTW 340i) con electrodo sensis (WTW)</i>	S.M. 21TH 4500-H+ B
SOLIDOS TOTALES	<i>Estufa Nemmert</i>	S.M. 21TH 2540 B
OXIGENO DISUELTO	<i>Multiparametrico (WTW 340i) con sonda para determinación de OD (Cell Ox)</i>	Método Potenciométrico 4500-S <sup>2</sup> --E
TEMPERATURA	<i>Multiparametrico (WTW 340i)</i>	
ACEITES GRASAS	<i>Análisis Gravimetrico</i>	S.M. 21 TH 2510-B
COLIFORMES TOTALES	<i>3M Placas PetrifilmMR</i>	

Se trabajó con la dosificación propuesta por el proveedor de los microorganismos eficaces (EM) Aearth-Ecuador (Asociación Graduados de la Earth-Ecuador), según y propias de este autor de tesis.

Antes de establecer los tratamientos, fue necesario activar los ME, a través del siguiente proceso:

Se utilizó una caneca de 20 Litros en el cual se agregó:

- 0.76 L de melaza
- 230 g de carbón mineral
- 1.14 L de solución madre de EM
- 17.0 L de agua

Y se dejó reposar por 7 días. Siendo un total de EM activado 18,92 L, agregando todos los ingredientes mencionados anteriormente.

Posteriormente de la activación, se procedió a preparar los tratamientos, utilizando recipientes de 10 L, agregando el agua residual obtenida del efluente. La dosis aplicada de ME fue proporcionada por la empresa comercializadora, siendo una relación 1:1000, quiere decir utilizando 1 mL de ME por 1000 mL de agua residual otra dosis de 5:1000 y otra dosis de 10:1000.

Se tomó en cuenta también aquí los parámetros antes de aplicar el tratamiento y después de aplicar el mismo (EM.) en la que se obtuvo el rendimiento de los mismos.

Mediante la fórmula:

Se la determino por la reducción porcentual de indicadores apropiados, considerándose en forma acumulativa o de determinadas sustancias. Estableciéndose un indicador específico entre la carga que fluye a la planta y la correspondiente salida en el flujo de salida de la planta.

$$n = \frac{FZ - FA}{FZ} \times 100$$

Figura 2.2.- Determinación del grado de Eficiencia de Plantas de Aguas Residuales (OPS 1992)

En donde:

n= Grado de eficiencia en %

FZ = Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

FA = Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta

Luego se realizó un diseño experimental en bloques para obtener una mayor confiabilidad de los resultados que se obtuvieron en el momento del ensayo.

Mediante la siguiente formula:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

$Y_{ij}$ = es la j ésima dia dentro del i ésimo tratamiento.

$\mu$  = es la media general.

$T_i$ = efecto debido al i ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del j ésimo bloque

$E_{ij}$ = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

### 2.2.2 CATEGORÍAS

Esta investigación se categorizó dentro de lo legal y social debido a que se maneja una responsabilidad ambiental dentro de lo que rige el TULSMA y así mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en la zona de influencia del sistema de tratamiento.

### 2.2.3 DIMENSIONES

Se dimensiono de acuerdo al sistema actual, que trata las aguas residuales domesticas de toda la población urbana de la ciudad de calceta, por lo que se busca

una dosis adecuada para que el tratamiento que se utiliza actualmente sea más eficiente.

#### **2.2.4 INSTRUMENTOS**

Las técnicas que se van a utilizar para el desarrollo de la investigación son las propuestas por las normas INEN, para el muestreo y análisis de las aguas residuales; también utilizaremos las siguientes técnicas:

1. Observación.
2. Entrevistas
3. Muestreo.
4. Análisis
5. Cálculos

Realizándose entrevistas a las personas encargadas del mantenimiento y funcionamiento de la laguna, y de esta manera se recopilará información de la situación actual en la que se encuentra la laguna de estabilización.

#### **2.2.5 UNIDAD DE ANÁLISIS**

Dentro de esta unidad se tomaran en cuenta diferentes tipos de investigaciones que realizo la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí en los laboratorios de Química Ambiental donde cuenta con los equipos necesarios para el diagnóstico y tratamientos de diferentes sistemas de Aguas Residuales.

#### **2.2.6 GESTIÓN DE DATOS**

Se realizó una visita en la planta donde se levantó un diagnóstico inicial (Ver Anexo) donde se usaron la entrevista y observación a las personas del departamento ambiental del GAD del Cantón Bolívar, para obtener sus criterios y

diferentes procesos que se realizan en el sistema de lagunaje para las aguas residuales domesticas de la ciudad de Calceta.

### **2.2.7 CRITERIOS ÉTICOS**

El Tratamiento Convencional de Aguas Residuales Domésticas e Industriales de conformidad con las directrices establecidas en las siguientes Leyes y Reglamentos y Ordenanzas promulgadas en el país sobre materia Ambiental:

- a) La Constitución Política de la República del Ecuador de 1998: Publicada en el R. O. No. 1 del 11 de Agosto de 1998 contempla disposiciones del Estado sobre el tema ambiental e inicia el desarrollo del Derecho Constitucional Ambiental Ecuatoriano.
- b) Ley No. 374 de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial No. 97 en mayo de 1976.
- c) Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental relativo al Recurso Agua, publicado en Registro Oficial No. 204 del 5 de Junio de 1989.
- d) Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental que establece las Normas de Calidad del Aire y sus Métodos de Medición, publicado en el reglamento Registro Oficial 726 de julio 15 de 1991.
- e) Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación en lo referente al manejo de los Desechos Sólidos publicada en el Registro Oficial 991 del 3 de Agosto de 1992.
- f) Principios Básicos para la Gestión Ambiental en el Ecuador, aprobados por la Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República, CAAM, de diciembre 9 de 1993.

h) Decreto Ejecutivo 1802 del 1º. de julio de 1994 publicado en el Registro Oficial 456 del 7 de julio de 1994, relacionado con el Plan Ambiental Ecuatoriano.

Art. 14 de la Constitución de 2008

“Se reconoce el derecho de la población a vivir en un **ambiente sano y ecológicamente equilibrado**, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, **sumak Kawsay**. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad de patrimonio genético del país, la preservación del daño ambiental y la recuperación de espacios degradados”.

## 2.2.8 RESULTADOS

Se realizó un muestreo compuesto por una semana para obtener un dato homogéneo para determinar la situación actual de las lagunas.

Parámetros	Unidades	Concentración				Método de Referencia
		Resultados		Límites de descarga a un cuerpo dulce		
		Afluente	Efluente			
*Temperatura de la muestra	°C	24,5	23,5	+3 condiciones naturales	SM XXI (edición) 2550B	
*Conductividad a 20°C	µS/cm	1000	800		Conductímetro	
Aceites Grasa	mg/l	400	42	30		
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	48	20	50,0	SM XXI (edición) 4500 NH3 F	
*Fósforo Total como PO4 <sup>3-</sup>	mg/l	30	11	10	SM XXI (edición) 4500P	
DBO5	mg/l	399	91	100		
DQO	mg/l	480	120	200		
*Calcio	mg/l	100	90		SM XXI (edición) 3500CaB	
*Magnesio	mg/l	50	44		SM XXI (edición) 3500CaB	
*Hierro	mg/l	5	2	10	SM XXI (edición) 3500FeB	
*Sodio	mg/l	250	180		Electrométrico	
*Potasio	mg/l	100	90		8049HACH	
*Plomo	mg/l	<0,1	<0,1	0,2	SM XXI (edición) 3500PbD	
*Mercurio	mg/l	<0,1	<0,1	0,005	10065HACH	
*Cobre	mg/l	<0,1	<0,1	1	8506 HACH	
*Zinc	mg/l	<0,1	<0,1	5	8009HACH	
*Cadmio	mg/l	<0,1	<0,1	0,02	SM XXI (edición) 3500CdD	
*Cromo Hexavalente	mg/l	<0,1	<0,1	0,5	SM XXI (edición) 3500Cr D	
*Cianuros	mg/l	<0,1	<0,1	0,1	SM XXI (edición) 8027	
Fenoles	mg/l	1	<0,1	0,2	SM XXI (edición) 420.1	
*MBAS	mg/l	5	4	0,5	SM XXI (edición) 8028	

*Caudal	m <sup>3</sup> /día	2000	1000		Cálculo
Coliformes Totales	UFC/100ml	160000	80000		

**Figura N° 2.3.- Datos de Aguas Residuales de Laguna de Oxidación de Ciudad de Calceta (10/08/2013). Laboratorios ESPAM “MFL”**

Se realizó los tratamientos en laboratorio en recipientes de 20 litros con homogenización constante simulando las condiciones que pudieran establecerse en un ensayo mayor a diferentes tratamientos T1; T2; T3. Y nuevamente se llevaron a analizar al laboratorio.

FECHA : 10/08/2013

Tratamiento: 1ml/L		DIAS			Referencia	
Parámetros	Unidades	5	10	15	Afluente	Efluente
*Temperatura de la muestra	°C	21	22	20	24,5	23,5
*Conductividad a 20°C	µS/cm	700	710	690	1000	800
Aceites Grasa	mg/l	180	80	15	400	42
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	28	10	2	48	20
*Fósforo Total como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	24	8	2	30	11
DBO5	mg/l	290	90	10	399	91
DQO	mg/l	290	90	18	480	120
*MBAS	mg/l	5	2	<1	5	4
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				2000	1000
Coliformes Totales	UFC/100ml	100000	30000	4000	160000	80000

**Figura N° 2.4.- Análisis de Laboratorio (Dosis 1 ml/L)**

FECHA : 10/08/2013

Tratamiento: 5ml/L		DIAS			Referencia	
Parámetros	Unidades	5	10	15	Afluente	Efluente
*Temperatura de la muestra	°C	21	22	20	24,5	23,5
*Conductividad a 20°C	µS/cm	690	600	500	1000	800
Aceites Grasa	mg/l	140	30	1	400	42
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	25	5	1	48	20
*Fósforo Total como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	15	5	1	30	11
DBO5	mg/l	180	50	5	399	91
DQO	mg/l	200	60	10	480	120

*MBAS	mg/l	3	1	<1	5	4
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				2000	1000
Coliformes Totales	UFC/100ml	80000	25000	3000	160000	80000

**Figura N° 2.5.- Análisis de Laboratorio (Dosis 5 ml/L)**

FECHA : 10/08/2013

Dosis: 10ml/L		DIAS			Referencia	
Parámetros	Unidades	5	10	15	Afluente	Efluente
*Temperatura de la muestra	°C	21	22	20	24,5	23,5
*Conductividad a 20°C	µS/cm	700	710	690	1000	800
Aceites Grasa	mg/l	130	20	1	400	42
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	20	5	1	48	20
*Fósforo Total como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	20	4	1	30	11
DBO <sub>5</sub>	mg/l	150	50	5	399	91
DQO	mg/l	250	50	15	480	120
*MBAS	mg/l	4	1	1	5	4
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				2000	1000
Coliformes Totales	UFC/100ml	50000	10000	3000	160000	80000

**Figura N° 2.6.- Análisis de Laboratorio Tratamiento 3**

No se cogieron en cuenta todos los parámetros debido a que se no eran una carga representativa en la contaminación provocada por estas ya que el problema de las lagunas se centra en la aportación de nutrientes de nitrógeno y fosforo al rio; y la producción de malos olores por la descomposición de la materia orgánica.

### 2.2.8.1.- INTERPRETACIÓN ESTADÍSTICA

Las técnicas estadísticas que se realizó: estadística descriptiva general y por tratamientos. En el modelo de bloques solo la variable dependiente aceite y grasas resulto ser significativa, se podrá ver el mejor tratamiento con la prueba de Tukey o mínima diferencia significativa realizada.



**Tabla N° 2.3.- Estadística descriptiva por tratamiento.**

Statistix 8.0

**Descriptive Statistics for Tratat = 1**

	<b>Acgrasa</b>	<b>DBO5</b>	<b>DQO</b>	<b>CT</b>
<b>Fosfo</b>				
N	3	3	3	3
3				
Mean	91.667	130.00	132.67	44667
11.333				
SD	83.116	144.22	140.93	49652
11.372				
SE Mean	47.987	83.267	81.366	28667
6.5659				
C.V.	90.672	110.94	106.23	111.16
100.35				
Minimum	15.000	10.000	18.000	4000.0
2.0000				
Maximum	180.00	290.00	290.00	100000
24.000				
	<b>Nitroge</b>			
N	3			
Mean	13.333			
SD	13.317			
SE Mean	7.6884			
C.V.	99.875			
Minimum	2.0000			
Maximum	28.000			

**Descriptive Statistics for Tratat = 2**

	<b>Acgrasa</b>	<b>DBO5</b>	<b>DQO</b>	<b>CT</b>
<b>Fosfo</b>				
N	3	3	3	3
3				
Mean	57.000	78.333	90.000	36000
7.0000				
SD	73.328	90.875	98.489	39661
7.2111				
SE Mean	42.336	52.467	56.862	22898
4.1633				
C.V.	128.65	116.01	109.43	110.17
103.02				
Minimum	1.0000	5.0000	10.000	3000.0
1.0000				
Maximum	140.00	180.00	200.00	80000
15.000				
	<b>Nitroge</b>			
N	3			
Mean	10.333			
SD	12.858			
SE Mean	7.4237			
C.V.	124.43			
Minimum	1.0000			

Maximum 25.000

**Descriptive Statistics for Tratat = 3**

	Acgrasa	DBO5	DQO	CT
<b>Fosfo</b>				
N	3	3	3	3
Mean	50.333	68.333	105.00	21000
SD	69.644	74.218	126.79	25357
SE Mean	40.209	42.850	73.201	14640
C.V.	138.37	108.61	120.75	120.75
Minimum	1.0000	5.0000	15.000	3000.0
Maximum	130.00	150.00	250.00	50000
<b>Nitroge</b>				
N	3			
Mean	8.6667			
SD	10.017			
SE Mean	5.7831			
C.V.	115.58			
Minimum	1.0000			
Maximum	20.000			

**Tabla N° 2.4.- Análisis de varianza para un diseño en bloques al azar.**

**Aceite y grasas**

**Randomized Complete Block AOV Table for Acgrasa**

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	33628.7	16814.3		
Tratat	2	2954.7	1477.3	9.20	0.0319
Error	4	642.7	160.7		
Total	8	37226.0			

Grand Mean 66.333 CV 19.11

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	174.080	174.080	1.11	0.3686
Remainder	3	468.587	156.196		

Relative Efficiency, RCB 24.72

**Means of Acgrasa for Tratat**

**Tratat Mean**

1 91.667  
 2 57.000  
 3 50.333

**Pruebas de promedio**

**TUKEY**

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Acgrasa for Tratat**

Tratat	Mean	Homogeneous Groups
1	91.667	A
2	57.000	AB
3	50.333	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 10.349  
 Critical Q Value 5.043 Critical Value for Comparison 36.903  
 Error term used: Bloque\*Tratat, 4 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**LSD**

Statistix 8.0

**LSD All-Pairwise Comparisons Test of Acgrasa for Tratat**

Tratat	Mean	Homogeneous Groups
1	91.667	A
2	57.000	B
3	50.333	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 10.349  
 Critical T Value 2.776 Critical Value for Comparison 28.735  
 Error term used: Bloque\*Tratat, 4 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**DBO<sub>5</sub>**

Statistix 8.0

**Randomized Complete Block AOV Table for DBO<sub>5</sub>**

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	63755.6	31877.8		
Tratat	2	6572.2	3286.1	2.44	0.2025
Error	4	5377.8	1344.4		
Total	8	75705.6			

Grand Mean 92.222 CV 39.76

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	5322.23	5322.23	287.46	0.0004
Remainder	3	55.54	18.51		

Relative Efficiency, RCB 6.13

**Means of DBO5 for Tratat**

Tratat	Mean
1	130.00
2	78.33
3	68.33

Observations per Mean 3  
Standard Error of a Mean 21.170  
Std Error (Diff of 2 Means) 29.938

**DQO**

Statistix 8.0

**Randomized Complete Block AOV Table for DQO**

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	89117.6	44558.8		
Tratat	2	2810.9	1405.4	2.61	0.1883
Error	4	2155.1	538.8		
Total	8	94083.6			

Grand Mean 109.22 CV 21.25

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	1637.24	1637.24	9.48	0.0542
Remainder	3	517.88	172.63		

Relative Efficiency, RCB 19.68

**Means of DQO for Tratat**

Tratat	Mean
1	132.67
2	90.00
3	105.00

Observations per Mean 3  
Standard Error of a Mean 13.401  
Std Error (Diff of 2 Means) 18.952

**Nitrógeno**

Statistix 8.0

**Randomized Complete Block AOV Table for Nitroge**

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	869.556	434.778		
Tratat	2	33.556	16.778	4.08	0.1082
Error	4	16.444	4.111		
Total	8	919.556			

Grand Mean 10.778 CV 18.81

### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	8.95041	8.95041	3.58	0.1547
Remainder	3	7.49403	2.49801		

Relative Efficiency, RCB 24.97

### Means of Nitroge for Tratat

Tratat	Mean
1	13.333
2	10.333
3	8.667

Observations per Mean 3  
Standard Error of a Mean 1.1706  
Std Error (Diff of 2 Means) 1.6555

## Fosforo

### Randomized Complete Block AOV Table for Fosfo

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	550.889	275.444		
Tratat	2	29.556	14.778	2.89	0.1672
Error	4	20.444	5.111		
Total	8	600.889			

Grand Mean 8.8889 CV 25.43

### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	14.7376	14.7376	7.75	0.0688
Remainder	3	5.7069	1.9023		

Relative Efficiency, RCB 13.06

### Means of Fosfo for Tratat

Tratat	Mean
1	11.333
2	7.000
3	8.333

Observations per Mean 3  
Standard Error of a Mean 1.3053  
Std Error (Diff of 2 Means) 1.8459

## Coliformes totales

Statistix 8.0

### Randomized Complete Block AOV Table for CT

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloque	2	8.739E+09	4.369E+09		
Tratat	2	8.602E+08	4.301E+08	2.76	0.1767
Error	4	6.238E+08	1.559E+08		

Total 8 1.022E+10

Grand Mean 33889 CV 36.85

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	6.013E+08	6.013E+08	80.25	0.0029
Remainder	3	2.248E+07	7492941		

Relative Efficiency, RCB 7.12

**Means of CT for Tratat**

**Tratat Mean**

1	44667
2	36000
3	21000

Observations per Mean 3

Standard Error of a Mean 7209.8

Std Error (Diff of 2 Means) 10196

**2.1.8.2.- EFICIENCIA DE TRATAMIENTO**

FECHA : 10/08/2013

Dosis: 1ml/L

Parámetros	Unidades	5 10 15			
		Eficiencia Laguna	Eficiencia 5 días	Eficiencia 10 días	Eficiencia 15 días
*Temperatura de la muestra	°C				
*Conductividad a 20°C	µS/cm	20	30	29	31
Aceites Grasa	mg/l	90	55	80	96
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	58	42	79	96
*Fósforo Total como PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	63	20	73	93
DBO5	mg/l	77	27	77	97
DQO	mg/l	75	40	81	96
*MBAS	mg/l	20	0	60	80
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				
Coliformes Totales	UFC/100ml	50	38	81	97,5

**Figura N° 2.7 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 1 ml/L)**

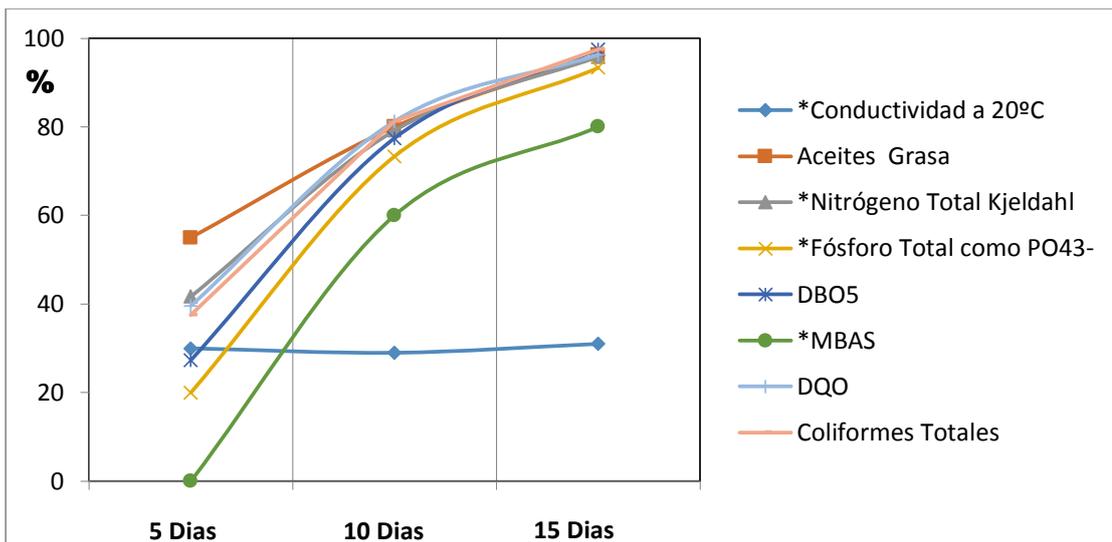


Figura N° 2.8 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 1 ml/L)

FECHA : 10/08/2013

Dosis: 5ml/L		Eficiencia Laguna Sin Tratamiento	Eficiencia a 5 días	Eficiencia a 10 días	Eficiencia a 15 días
Parámetros	Unidades				
*Temperatura de la muestra	°C				
*Conductividad a 20°C	µS/cm	20	31	40	50
Aceites Grasa	mg/l	90	65	93	100
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	58	48	90	98
*Fósforo Total como PO4 <sup>3-</sup>	mg/l	63	50	83	97
DBO5	mg/l	77	55	87	99
DQO	mg/l	75	58	88	98
*MBAS	mg/l	20	40	80	80
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				
Coliformes Totales	UFC/100ml	50	50	84	98

Figura N° 2.9 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 5 ml/L)

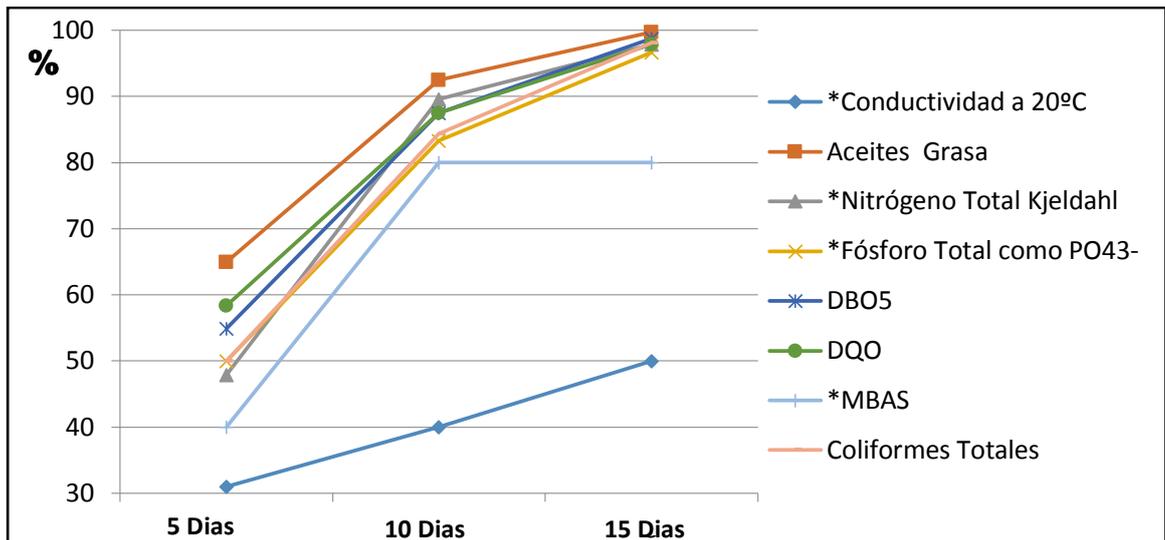


Figura N° 2.10 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 5 ml/L)

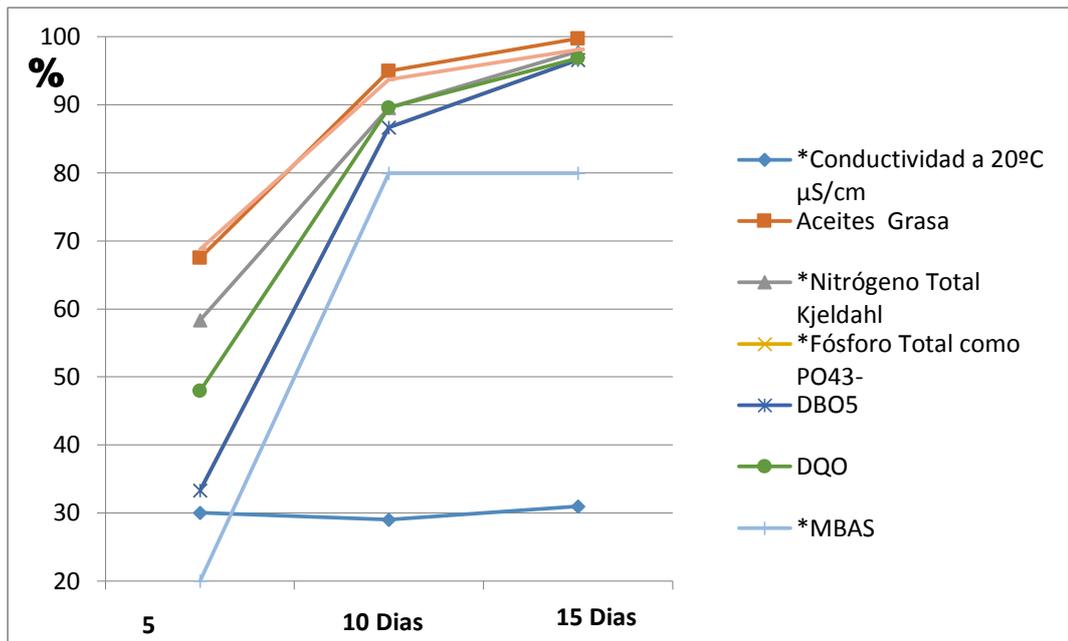
FECHA :

10/08/2013

Dosis: 10ml/L

Parámetros	Unidades	Eficiencia Laguna Sin Tratamiento	Eficiencia 5 días	Eficiencia 10 días	Eficiencia 15 días
*Temperatura de la muestra	°C				
*Conductividad a 20°C	μS/cm	20	30	29	31
Aceites Grasa	mg/l	90	68	95	100
*Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	58	58	90	98
*Fósforo Total como PO4 <sup>3-</sup>	mg/l	63	33	87	97
DBO5	mg/l	77	62	87	99
DQO	mg/l	75	48	90	97
*MBAS	mg/l	20	20	80	80
*Caudal	m <sup>3</sup> /día				
Coliformes Totales	UFC/100ml	50	69	94	98

Figura N° 2.11 (a).- Cálculo de Eficiencia (Dosis 10 ml/L)



**Figura N° 2.12 (b).- Grafico de eficiencia (Dosis 10 ml/L)**

Las dosis que se usaron en los tres tratamientos obtuvieron muy buenos resultados en laboratorio con una eficiencia muy buena para la mayor dosis ya que estas no presentaron olores y una reducción de contaminantes mayor al 90 % según la literatura utilizada (Okuda y Higa 2005). Que tuvieron muy buenos tratamientos al utilizarlas en agua y en la dosificación establecida por los fabricantes del producto siendo muy fiable poder utilizarlas en este tipo de lagunajes para evitar el problema de olores y la contaminación descargada hacia el río.

## **SOLUCIÓN PROPUESTA**

La dosis q se recomienda utilizar es de 5ml/l debido a que su concentración nos permitirá tener un mejor costo y una buena eficiencia al aplicar este producto .hacia el sistema de lagunajes,

Se lo podrá realizar en dos sectores a la entrada de las aguas residuales, es decir en la estación de bombeo N<sup>a</sup>1 inicial (Efluente de la planta) para tener una mejor distribución en todo el sistema, también nos permitirá una mejor homogenización de los microorganismos con el agua regulando los tiempo de retención hidráulicos hasta máximo de 10 días para que el producto haga su trabajo, disminuyendo su carga orgánica y olores que afectan la población,

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

### **a)- Diagnostico de la zona para el tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Calceta**

La planta de aguas residuales de la ciudad de Calceta, cumple a medias el proceso de depuración, debido que no existe financiamiento para un tratamiento económico y viable ya sea por no existir técnicos ni controles adecuados en el manejo de estas aguas, lo que conlleva a la formación de muchos problemas ambientales que afectan directamente al entorno en donde se encuentran.

### **b)- Eficiencia del tratamiento con EM (microorganismos)**

Se obtuvieron mejores rendimientos con las tres dosificaciones 1, 5 y 10 ml/l con eficiencias superiores al 90% y sobre todo un mejor rendimiento con los aceites y grasas eliminándolos en su totalidad, esto supone que cuando se agreguen en el sistema de lagunaje no se formaran natas sobre la superficie de la laguna dejando así que no se convierta en procesos anaerobios que pueden producir olores desagradables y afectar directamente el entorno, y favoreciendo a que se forme un sistema aerobio.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener un presupuesto para la compra de este producto que ayudaran al sistema a manejarse eficientemente.

- Se tomara en cuenta el control de caudales que ingresan a la planta con el momento de facilitar un buen tiempo de retención hidráulica para que los organismos puedan actuar y mejorar su eficiencia.
- Se podrán realizar un monitoreo continuo con estos tipos de microorganismos, para probar su eficiencia semestralmente.
- Se recomienda también, aislar cultivar y reproducir organismos autóctonos ya probados en este medio, para eliminar la compra de estos productos y poder prepararlos en el propio sistema, ahorrándose el costo de estos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Caldera, Y., Gutiérrez, E., Luengo, M., Chávez, J., & Ruesga, L. 2010. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. *Revista Científica*, 20(4), 409-416, 2010.
2. Castillo, F; Roldán, M; Huertas, M; Caballero, F; Luque, M. 2005. *Biotecnología Ambiental*. Madrid, España, editorial Tébar, S.L. 616 p.
3. Clesceri Leonore S., Greeneberg A. Trussell R. 1992. “Métodos Normalizados para Análisis de Aguas potables y residuales”, Editoriales Díaz de Santos, Madrid, España.
4. Constitución de la República. Registro oficial No. 560 del 12 de noviembre de 1990.
5. Constitución de la República. Asamblea Constituyente 2008
6. Corporación OIKOS. 1999. Emisiones, efluentes y residuos sólidos industriales. Guía para su muestreo y análisis en el Ecuador. A & B editores, Quito.
7. Delgadillo, O; Camacho, A; Pérez, L; Andrade, M. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales residuales. Cochabamba, Bolivia, editorial Universidad Mayor de San Simón. 99 p.
8. Dickson, T.R. 2000. Química enfoque ecológico. Trad. Inglés. Limusa, Noriega editores. México.
9. Domínguez, P. 2001. Impacto ambiental. Apuntes de clase Maestría en Protección ambiental. ESPOCH, Riobamba.
10. F. Spellman. Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations. 2nd ed. Ed. CRC Press. Boca Raton, FL. 2009. pp. 825.

11. Fernández A; Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid, McGraw-Hill, 2006
12. Francisco Fuentes; Arturo Massol-Deyá; 2002. Manual de Laboratorios Ecología de Microorganismos; Editorial Universidad de Puerto Rico
13. Henry, J.G y Heinke, G. 1999. Ingeniería Ambiental. 2ª.ed. Prentice Hall. México.
14. Hernández Lehman, A. 2000. Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. 2ª. Ed. Rugarte, S.L. Madrid.
15. Higa, T., y Chien., N. 1998. EM Treatment of odor, wasted water, y environmental problems. College of Agriculture, University of Ryukyus, Okinawa, Japan Kiely, G. 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. 1ª. Ed. Trad. Inglés. Mc Graw Hill Interamericana, España.
16. Higa, T., y Parr, J 1994. Beneficially Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture y environment International Nature Farming Venter. Atami. Japa.17pp.
17. M. P. Amelia Vidales Olivo 2010. Extracción de Grasas y Aceites en los Efluentes de una Industria Automotriz. Revista Conciencia Tecnológica No. 40, Julio-Diciembre
18. Marín B, Garay JA, Ramírez G, Betancourt J, Troncoso W, Gómez ML. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Diagnóstico Nacional y Regional 2003. INVEMAR; 2004a

19. Mendonca, R. S. 2000. Sistema de Lagunas de Estabilización. Cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego. Mc Graw Hill Interamericana. Colombia.
20. MUNN CB. Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher; 2004.
21. Narváez, C. 1999. Fundamentos de calidad del agua. Publicación para curso de maestría EPN, Quito.
22. Okuda, A., & Higa, T. 2005. Purification of wasted water with effective microorganisms y its utilization on agriculture. APNAN; Thailly. 246 -253
23. OPS/CEPIS 1992 Determinación del grado de Eficiencia de Plantas de Aguas Residuales.
24. Powell Sheppard T. 1987. Manual de Agua para usos Industriales. Editorial Limusa, Tomo 1 y Tomo 2, Páginas 100-105. México.
25. Registro oficial No. 69 del 30 de mayo de 1972.  
  
Registro oficial No. 02 del 25 de enero del 2000.  
  
Registro oficial No. 158 del 08 de febrero de 1971.  
  
Registro oficial No. 204 del 05 de junio de 1989.  
  
Registro oficial No. 28 de febrero del 2014
26. Sánchez, Ó; Herzig, M; Peters, E; Márquez, R; Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología, San Nicolás de Hidalgo, México. 287 p.
27. Sangkkara, U. 2002. The technology of effective Microorganisms Case Studies of application. Royal Agriculture College. Cirencester UK.

## **ANEXO EVALUACION DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE CALCETA**

Las lagunas de estabilización son uno de los procesos más eficientes que existen para el tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, por ser consideradas uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales más sencillos que se conocen, tanto operacionales como constructivos, tienen generalmente sus actividades de operación y mantenimiento despreciado.

Es necesario que sean establecidos ciertos mecanismos en manejo administrativo adecuado, control, monitoreo y manejo, además de asignarse los recursos necesarios para asegurar total éxito en todas las fases, se pudo observar las siguientes estructuras:

- Sedimentador
  
- 4 lagunas de oxidación

**Sedimentador.-** El Sedimentador actualmente no cumple las funciones para lo cual fue creado que es separar sólidos en suspensión de las aguas residuales por la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el agua residual.



Figura N° 2.2.- Sedimentador

En la inspección realizada se pudo observar que algunas láminas de cemento que forman parte de la estructura del Sedimentador tienen lodo adherido a las paredes restando efectividad para que las partículas choquen y puedan ser separadas del líquido, además el filtro (tubo plástico con agujeros) no se ha dado mantenimiento.



**Figura N° 2.3.- Láminas de cemento con lodo adherido a las paredes**



**Figura N° 2.4.- Canales del Sedimentador**



**Figura N° 2.5.- Estación de bombeo**

## **LAGUNAS DE OXIDACIÓN**

Las lagunas de oxidación reciben básicamente la descarga de aguas urbanas. La elevada carga orgánica y el aporte de basuras contribuye a incrementar el nivel de contaminación, las consecuencias son múltiples alrededor de las lagunas de oxidación.

Para los moradores de los alrededores de las lagunas, esta situación resulta en un deterioro de su calidad de vida por diferentes razones. La calidad del agua de las lagunas, la convierte en una fuente potencial de desarrollo de vectores de enfermedades y de generación de olores ofensivos.

Las lagunas de oxidación son cuatro:

- Laguna No.1 con capacidad de 14.827,10 m<sup>3</sup>
- Laguna No.2 con capacidad de 6.734,20 m<sup>3</sup>
- Laguna No.3 con capacidad de 6.469,65 m<sup>3</sup>
- Laguna No.4 con capacidad de 4.391,86 m<sup>3</sup>
- Total de capacidad: 32.422,81 m<sup>3</sup>

Las lagunas número tres y número cuatro no prestan servicio (no funcionan). Dos lagunas poseen geomembrana lo que evita que haya contaminación por filtración pero las otras dos lagunas no están cubiertas por el “linner” permitiendo que haya filtración y por consiguiente contaminación.

En la evaluación realizada se pudo observar lo siguiente:

- Color del agua verde intenso (exceso de nutrientes) propias de agua con elevada carga orgánica lo que da formación a un tipo de algas llamadas “cianophytas” y en las esquinas aguas negras.

- Lagunas con sedimentos anóxicos en el fondo, lo que da lugar a la formación de “lodos negros”
- En las esquinas por acción del viento se acumulan algas muertas lo que genera olores ofensivos.
- Por la acción de los rayos solares, en especial al medio día se levanta “lama”
- Larvas de diferentes insectos



**Figura N° 2.6.- Lagunas de oxidación con algas bénticas muertas “lama”**



**Figura N° 2.7.- Formación de algas verdes que después mueren y emiten olores ofensivos**

## **ESTACIONES DE BOMBEO**

El sistema consta de redes de alcantarillado sanitario y tres estaciones de bombeo.

El primer bombeo se realiza desde el cárcamo de la primera estación, que recoge las aguas de sector 12 de Octubre, hasta una segunda estación ubicada en la salida a Tosagua por la gasolinera. Esta segunda estación recolecta además en su carcomo las aguas provenientes del resto de la ciudad de Calceta. De la segunda estación se bombea hasta el tercer carcomo ubicado atrás del colegio 13 de Octubre en donde se realiza el bombeo final a la poza séptica.

### **ESTACIÓN DE BOMBEO EN EL CENTRO DE LA CIUDAD**

El agua proveniente de la red de aguas servidas ingresa a través de una válvula de aislamiento y posteriormente de una canastilla de protección al carcomo o cámara de bombeo. Posteriormente es bombeada por medio de una bomba sumergible a la siguiente estación ubicada atrás del colegio 13 de Octubre. Se encuentran además los siguientes equipos y accesorios.

- Dos tuberías de impulsión con sus respectivas válvulas de retención y aislamiento.
- Un monorriel de aproximadamente dos metros y medio de longitud.
- Un teche de levantamiento manual.
- Un colector general de impulsión.
- Un polipasto en buenas condiciones de las siguientes características:

<b>Nº SERIE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>VEL. LEVANTAMIENTO</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>VOLTAJE</b>
<b>SA 03124</b>	<b>1 TONELADA</b>	<b>2.1 m/min</b>	<b>12 AMPERIOS</b>	<b>110 V</b>

Para la energización se encuentran los siguientes equipos y accesorios.

- Un transformador trifásico.
- Acometida de media y baja tensión.
- Un medidor.
- Un tablero de control.

### **ESTACIÓN DE BOMBEO (LAGUNA DE OXIDACIÓN)**

El agua proveniente de la estación de bombeo del centro de la ciudad ingresa al carcomo a través de una válvula de aislamiento y posteriormente de una canastilla de protección al carcomo o cámara de bombeo. Posteriormente es bombeada por medio de una bomba sumergible a la poza séptica que se encuentra cerca de esta estación de bombeo. Se encuentran además los siguientes equipos y accesorios.

- Tres tuberías de impulsión con sus respectivas válvulas de retención y aislamiento.
- Un monorriel de aproximadamente dos metros y medio de longitud.
- Un tecla de levantamiento manual.
- Un polipasto de las siguientes características:

<b>N° SERIE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>VEL. LEVANTAMIENTO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>VOLTAJE</b>
TRS-20	2200 LB	2.1 m/min	0.067 H.P.	110/220 V

Un colector general de impulsión.

Para la energización se encuentran los siguientes equipos y accesorios.

- Un transformador trifásico.
- Acometida de media y baja tensión.
- Un medidor.
- Un tablero de control.

## **ESTACIÓN DE BOMBEO SECTOR 12 DE OCTUBRE**

El agua proveniente de la red de aguas servidas ingresa a través de una válvula de aislamiento y posteriormente de una canastilla de protección al carcomo o cámara de bombeo. Posteriormente es bombeada por medio de una bomba sumergible a la estación ubicada en el centro de la ciudad. Se encuentran además los siguientes equipos y accesorios.

- Dos tuberías de impulsión con sus respectivas válvulas de retención y aislamiento.
- Un monorriel de aproximadamente dos metros y medio de longitud.
- Un teclé de levantamiento manual.
- Un polipasto de las siguientes características:

<b>N° SERIE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>VEL. LEVANTAMIENTO</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>VOLTAJE</b>
SA 03124	1 TONELADA	2.1 m/min	12 AMPERIOS	110 V

- Un colector general de impulsión.

Para la energización se encuentran los siguientes equipos y accesorios.

- Un transformador trifásico.
- Acometida de media y baja tensión.
- Un medidor.
- Un tablero de control.

## **ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA CIUDAD**

La ciudad de Calceta posee sistema de alcantarillado pluvial en toda su zona urbana consolidada y en el barrio San Bartolo. Las descargas de estas redes fueron diseñadas con clapetas según constan en los planos proporcionados por el Departamento de

Obras Públicas Municipales, las cuales por razones económicas no han podido ser construidas.

Tanto el río Mosca como el Carrizal tienen sus cuencas hidrográficas muy deterioradas por la acción del hombre al talar sus bosques para reemplazarlos en el mejor de los casos por pastizales. Este deterioro provoca que en la época invernal se transporte una gran cantidad de sólidos en suspensión que al no existir las clapetas ingresan a las redes de alcantarillado pluvial y tapan las tuberías; esto, de acuerdo a las experiencias vividas por los técnicos del departamento de Obras Públicas Municipales. Actualmente el Municipio se encuentra buscando recursos para la construcción de estas estructuras.

**EMISARIO.-**

Los datos generales del emisario existente son:

Longitud Total:		1 264 m
Diferencia de nivel en la solera:		2.202 m
Pendiente promedio:		1.742 ‰
Diámetro interior de la tubería:		500 mm
Material de la tubería:		AC
Rugosidad equivalente:		0.03 mm
Caudal máximo a tubo lleno:		216.71 l/s
Velocidad máxima a tubo lleno:		1.10 m/s
Caudal al año 2005 (sin ampliación):	Calado	159 mm
	Caudal	4 113 m <sup>3</sup> /día
		47.60 l/s
	% de $\phi$	31.80%
	Velocidad	0.89 m/s
Caudal al año 2007 (sistema ampliado):	Calado	223 mm
	Caudal	7 674 m <sup>3</sup> /día
		88.82 l/s
	% de $\phi$	44.60%
	Velocidad	1.05 m/s
Caudal máximo año 2037:	Calado	330 mm
	Caudal	14 302 m <sup>3</sup> /día
		165.53 l/s
	% de $\phi$	66.00%
	Velocidad	1.21 m/s

### **Figura N° 2.8.- Datos del emisario de descarga hacia el Rio Carrizal**

En el diseño alcantarillados sanitarios así como en muchos otros diseños la vida útil de equipos de bombes es mucho menor que el del sistema global. Esto es uno de los problemas que ocurre con el alcantarillado sanitario de la ciudad de Calceta que opera con equipos obsoletos y aparte de esto sin unidades de emergencia y sin ningún tipo de mantenimiento.

En estas condiciones el sistema podría colapsar y provocar un problema sanitario a la población. Es necesario por tanto primero tomar acciones emergentes para una solución parcial de estos problemas y segundo hacer un análisis más exhaustivo para una solución que brinde un servicio eficiente y duradero a la ciudadanía.

### **SISTEMA DE DEPURACIÓN EXISTENTE**

El Sistema de depuración existente consiste en lagunas de estabilización que sirve para el tratamiento de desechos líquidos domésticos y algunos industriales, que utiliza un proceso biológico, químico y físico conocido con el nombre de auto purificación natural. Este proceso se está produciendo en todos los ríos, lagos y lagunas que sirven como fuente receptora de desechos putrescibles, y es a través de esta fuente receptora que tales sustancias se estabilizan. Por consiguiente la historia del proceso que se lleva a cabo en las lagunas de estabilización es tan antigua como la naturaleza misma.

La materia orgánica presente en el agua negra logra estabilizarse en presencia de oxígeno, a través de un proceso que no despide olores desagradables ni ocasiona las molestias que ofrece la estabilización en ausencia de oxígeno.

Dicha estabilización se logra por acción bacteriana que da origen a las enzimas, las cuales actúan como catalizadores en el proceso de desdoblamiento de la materia orgánica.

Para el caso de la ciudad de Calceta se construyó un sistema de lagunas en serie, compuesto por una laguna facultativa y otra de acabado o pulimento.

Se llaman facultativas a las lagunas de profundidad media, en este caso 1.60 metros, que mantienen oxígeno disuelto en las capas superiores y son anaeróbicas en las capas inferiores. Estas lagunas no producen malos olores y pueden ser colocadas a 100 o 200 metros de las zonas pobladas.

Por tratarse de que el cuerpo receptor, el río Carrizal, sirve después de fuente de aprovisionamiento de agua, se creyó conveniente que el efluente de la laguna facultativa pase a través de una laguna de acabado o pulimento, de manera de lograr una fuente de reducción de bacterias en la descarga final.

De acuerdo a las encuestas e investigaciones realizadas a la población y al sistema existente tenemos que:

- Existen 1814 familias que están conectadas al alcantarillado sanitario existente, con un promedio de 6 habitantes por familia, tenemos la población que aporta a las lagunas es alrededor de 10 884 habitantes.
- La Planta de Tratamiento de Agua de La Estancilla tiene una capacidad de producción de 26 000 m<sup>3</sup>/día. Actualmente produce entre 20 000 y 22 000 m<sup>3</sup>/día, de los cuales se impulsan a la ciudad de Calceta 2 200 m<sup>3</sup>/día.
- Se tiene contabilizado por parte de la EMAPA un total de 11388 habitantes que se abastecen de agua potable en la zona del cantón Bolívar.
- La dotación promedio por habitante de acuerdo a estos datos es de 193.19 l/hab/día.

Por otro lado de acuerdo al informe electromecánico y a las investigaciones de campo tenemos que:

- Luego de los aforos respectivos se estableció que el caudal que impulsan las bombas es de 47,63 l/s.
- Las bombas se utilizan todos los días de 6:00 a 11:00 y 14:00 a 22:30, lo que da un total de 13.50 horas de bombeo por día.
- Por ende el volumen aportado a las lagunas es de 2 315 m<sup>3</sup>/día.

Con ambas alternativas las lagunas funcionan actualmente de acuerdo a los siguientes cálculos:

*Lagunas Existentes (Facultativa y de pulimento: son de igual tamaño)*

$$\begin{aligned} A_{inf} \text{ (m}^2\text{)} &= 5,055.14 & A_{prom} \text{ (m}^2\text{)} &= 5,495.71 \\ A_{sup} \text{ (m}^2\text{)} &= 5,936.27 & V \text{ (m}^3\text{)} &= 8,793.13 \\ & & \text{Tiempo de retención (días)} &= 5 \end{aligned}$$

**Situación actual (año 2005)**

$$\begin{aligned} \text{Familias aportantes al sistema de AASS} &= 1,710 & & 4.41 & \text{hab/fam} \\ P \text{ (hab)} &= 7,541 & Cr &= 0.8 & \text{(Coef./retorno)} \\ D \text{ (lit/hab/día)} &= 193.19 & & & \\ \text{Aguas Ilícitas} &= 80.00 & \text{(lit/hab/día)} & & \\ kmd &= 1.30 & h \text{ (m)} &= 1.60 & \end{aligned}$$

D mm	Caudal lit/seg/km				
200	0.80	Tubería existente (m)	= 18,039		
250	1.00	Aporte $\phi$ 250mm (lit/seg)	= 18.04		
300	1.20	En camal se matan:			
350	1.40		Vacuno	Porcino	
400	1.60		Sabado	26	60
450	1.80		Otros días	3	2
500	2.00	Promedio semana	6.29	10.29	u
550	2.20	Dotación	44	21	lit/día/u

$$\begin{aligned} \text{Aporte de AAPP} &: 1,515.14 & \text{(m}^3\text{/día)} \\ \text{Aporte de aguas ilícitas} &: 603.29 & \text{(m}^3\text{/día)} \\ \text{Aporte Infiltración} &: 1,558.57 & \text{(m}^3\text{/día)} \\ \text{Aporte Industriales} &: 0.49 & \text{(m}^3\text{/día)} \\ \text{Aporte diario} &: 3,677.49 & \text{(m}^3\text{/día - Calculado por población conectada)} \\ \text{Aporte diario} &: 2,315.00 & \text{(m}^3\text{/día - Calculado por aforos a estación de bombeo)} \\ \text{Tiempo de retención} &: 3.80 & \text{días} \\ \text{Volumen necesario} &: 10,209.15 & \text{m}^3 & \text{para una retención de 5 días} \\ \text{Area} &: 6,380.72 & \text{m}^2 & \text{para una retención de 5 días} \end{aligned}$$

**Figura N° 2.9.- Datos de aportación de aguas residuales domesticas**

De acuerdo a la población conectada al sistema el aporte diario sería de 3678 m<sup>3</sup>/día, diferente al caudal bombeado por día en la estación de bombeo. La razón de esta diferencia está en que en verano el nivel freático esta debajo del nivel de construcción de las tuberías y el aporte por infiltración baja, sin este aporte diario sería de 2119

m<sup>3</sup>/día más el aporte por infiltración que de todos modos tiene que existir en verano, este valor muy aproximado a los 2315 calculado por aforos.

El tiempo de retención de cada laguna es de 3.80 días, lo que da entre ambas una retención de 7.60 días.

## **RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

La red de alcantarillado sanitario existente fue construida en el año 1972, pese al tiempo transcurrido funciona sin problemas, ya que fue concebido para la zona consolidada que es el casco central y el barrio San Bartolo.

La red está compuesta por:

1. Red de colectores con tuberías de HS con diámetros entre 200 y 400 mm.
2. Pozos de revisión formados con tubos de HS de diámetro 600mm.
3. Un sifón invertido en el río Carrizal.
4. Conexiones domiciliarias.

Caudales de diseño de aguas residuales,

Las aguas residuales estarán constituidas por:

Aguas residuales domésticas.- Como un porcentaje del consumo de agua potable, este porcentaje es el coeficiente de retorno que depende de las características de cada sector.

Sector	CR	Aportaciones por Agua Potable (lit/s)							Observación
		2007	2012	2017	2022	2027	2032	2037	
1	0.75	3.02	5.22	7.82	10.68	13.80	17.27	21.14	Residencial
2	0.75	2.69	3.96	5.28	6.59	7.91	9.30	10.76	Residencial
3	0.75	3.32	3.59	3.83	4.04	4.23	4.42	4.60	Residencial - Industrial
5	0.80	3.39	3.53	3.67	3.81	3.95	4.09	4.24	Residencial
6	0.80	5.21	5.42	5.63	5.84	6.06	6.28	6.51	Comercial
7	0.80	6.01	6.25	6.49	6.74	6.99	7.24	7.50	Comercial - Residencial
8	0.75	2.40	3.19	3.95	4.66	5.36	6.05	6.77	Residencial
9	0.80	3.99	4.15	4.31	4.48	4.64	4.81	4.99	Residencial
10	0.75	0.52	1.09	1.90	2.90	4.11	5.58	7.34	Residencial
11	0.75	0.16	0.22	0.27	0.32	0.37	0.41	0.46	Residencial
	Σ	30.72	36.62	43.14	50.05	57.42	65.47	74.31	

**Figura N° 2.10.- Datos de Aportaciones de Agua Potable**

Tipo de alcantarillado.- El tipo de sistema a proyectarse consiste en redes de distribución primarias y secundarias, estaciones de bombeo, sifones invertidos en los ríos Carrizal y Mosca; y, planta de tratamiento de aguas residuales.

Las redes de distribución primarias se diseñaron con un tipo de alcantarillado de acuerdo a las normas del MIDUVI, de nivel 3, esto es: “Se utilizarán redes de tuberías y colectores”.

Las redes de distribución secundarias se diseñaron con un tipo de alcantarillado de acuerdo a las normas del MIDUVI, de nivel 2, esto es: Se utilizarán tuberías de diámetro mínimo 100 mm instaladas en las aceras. No se utilizarán pozos de revisión, sino cajas de mampostería de poca profundidad, con tapas provistas de cerraduras adecuadas. Solo se utilizarán las alcantarillas convencionales para las líneas matrices o emisarios finales”.

**a) Creación de las lagunas de oxidación**

Las lagunas fueron diseñadas para un periodo de vida de 10 años, luego de los cuales se debía construir la respectiva ampliación y optimización de los procesos,

este diseño fue realizado en el año de 1972, hace 33 años sin que se haya podido hacer la ampliación respectiva.

#### **b) Lagunas de Oxidación**

Las lagunas de oxidación calculadas a partir de los criterios del MIDUVI tienen la ubicación como sistema de tratamiento de laguna primaria seguida de lagunas de maduración o facultativas. El diseño de las lagunas tiene el limitante del espacio existente para su ubicación, ya que por decisión del Ilustre Municipio no es adecuado reubicarlas en vista de las instalaciones existentes, el impacto social que esto produciría, pero teniendo en cuenta su correcto funcionamiento durante los próximos 10 años.

La profundidad de las lagunas se la estableció en 2.30 m, para permitir un tiempo de retención en la laguna facultativa de 5 días.

El Cantón Bolívar, ubicado al norte de la provincia de Manabí es una población en constante desarrollo, actualmente tiene una población de 43.000 habitantes, el 39,2% se ubica en el sector urbano y el 60,8% en el Rural.

## ANEXOS FOTOGRAFIAS



**Foto 1 de Simulación de Reactor**



**Foto 2 de Simulación de Reactor**



**Foto 3 Agua Residual de las Lagunas Inicial**



**Foto 4 de Agua Residual de las lagunas 10 días**

## **ANEXO ANALISIS**