

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Realizado por:

LUIS ANGEL GUAMAN CONDE

Director del proyecto:

Bq. F MAGDALENA DÍAZ

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 6 de Agosto de 2015

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, LUIS ANGEL GUAMAN CONDE, con cédula de identidad #070436358-9, declaro bajo juramento que el presente trabajo de investigación aquí desarrollado es de mi completa autoría, el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y por la normativa institucional vigente.

Luis Angel Guamán Conde

C.C: 070436358-9

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Realizado por:

LUIS ANGEL GUAMAN CONDE

Como requisito para la obtención del Título de:

Magister en Gestión Ambiental

ha sido dirigido por la Profesora

MAGDALENA DÍAZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

MAGDALENA DÍAZ

DIRECTORA

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL
TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN
PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MAGDALENA DÍAZ

PABLO CASTILLEJO

WALBERTO GALLEGOS

Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno

LUIS ANGEL GUAMAN CONDE

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante

El tribunal examinador

DIRECTORA

MAGDALENA DÍAZ

PABLO CASTILLEJO

WALBERTO GALLEGOS

TRIBUNAL 1

TRIBUNAL 2

Quito, 6 Agosto 2015

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL
TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN
PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado al sector académico de la Universidad Internacional SEK de la Facultad de Ciencias Ambientales y a todos los profesionales de la rama ambiental, que buscan incansablemente implementar estrategias y métodos para el tratamiento de problemas ambientales, actualmente vigentes.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento profundo a Dios, por convertirse en mi guía espiritual en todo momento; a mi familia por haberme apoyado en el transcurso de mis estudios y haber sido muy pacientes por mis continuas ausencias. A mis compañeros de maestría, quienes se convirtieron en un gran apoyo para culminar con éxito el programa. A mis amigos de manera general que supieron darme muestras de apoyo y buenos consejos para cristalizar este sueño de ser profesional de cuarto nivel. A mis profesores y tutora que siempre me encaminaron por el sendero de la investigación y la excelencia académica.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL
TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN
PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

CONTENIDO

CAPITULO I.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.2. Objetivo General	16
1.1.3. Objetivos Específicos	16
1.1.4. Justificación	17
CAPITULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Microorganismos Eficientes	20
2.1.1.1 Generalidades	20
2.1.1.2 Principales microorganismos contenidos en el (E.M)	21
2.1.1.2.1 Bacterias fototróficas	22
2.1.1.2.2 Bacterias Ácido Lácticas (<i>Lactobacillus spp.</i>)	22
2.1.1.2.3 Levaduras (<i>Saccharomyces spp.</i>)	23
2.1.1.3 Modo de elaboración y activación	23
2.1.1.3.1 Proceso químico de fermentación de EM	24
2.1.1.4 Ventajas	25
2.1.1.5 Aplicaciones	26
2.1.2 Biodigestión Aerobia	27
2.1.2.1 Generalidades	27
2.1.2.2 Concepto	29
2.1.2.3 Ventajas y desventajas	30
2.1.2.4 Descripción del proceso	31
2.1.3 Parámetros Químicos	31
2.1.3.1 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	31
2.1.3.1.1 Conceptualización	32
2.1.3.1.2 Método de análisis	32

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

2.1.3.2 Oxígeno Disuelto (OD)	33
2.1.3.2.1 Generalidades	33
2.1.3.2.2 Método de análisis	35
2.1.3.3 pH	36
2.1.3.3.1 Generalidades	36
2.1.3.3.2 Método de análisis	37
2.1.3.3.3 Nitrógeno Amoniacal	37
2.1.3.3.4 Generalidades	37
2.1.3.3.5 Método de análisis	38
2.1.4 HIPÓTESIS	40
2.1.5 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES	40
3 MÉTODO	41
3.1 NIVEL DE ESTUDIO	41
3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	41
3.3 MÉTODO	43
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	43
3.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS	44
3.7 PROCESAMIENTO DE DATOS	44
3.7.1 Análisis Cuantitativo	44
CAPITULO IV	45
RESULTADOS	45
TITULO DE LA INVESTIGACIÓN.	45
4.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS/INFORMACIÓN	45
4.2 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	46
4.2.1 Análisis de la variación de pH	46
4.2.2 Determinación de [OD] en aguas residuales, aplicando E.M.	48
4.2.3 Determinación de [N-Amoniacal] en aguas residuales, aplicando E.M.	50
4.2.4 Determinación de [DQO] en aguas residuales, aplicando E.M.	51
4.2.5 Análisis de varianza del ensayo experimental	52

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL
TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN
PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”**

4.2.6 Prueba de Tukey	53
CAPITULO V	54
DISCUSIÓN.....	54
5. CONCLUSIONES	54
5.2 RECOMENDACIONES	56
CAPITULO VI.....	57
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	57
6.1 BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.	344
Tabla 2. Listado de parámetros químicos y biológicos para aguas residuales	41
Tabla 3. Valores de parámetros químicos y biológicos de las aguas residuales sin tratamiento.	466
Tabla 4. Análisis de varianza del experimento.....	52
Tabla 5. Comparación múltiple de Tukey	533

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Microorganismos efectivos	21
Figura 2. Proceso de fermentación de la materia orgánica con EM.....	25
Figura 3. Variación de pH por aplicación de E.M	477
Figura 4. Oxígeno disuelto	499
Figura 5. N- Amoniacal.....	50
Figura 6. DQO.....	511

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Guamán Conde, Luis Ángel

Estudiante de maestría en Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Internacional SEK
Correo electrónico: luis.guaman.conde@hotmail.com

Resumen.

La Biorremediación comprende el tratamiento con organismos biológicos, los cuales contribuyen a la gestión ambiental de efluentes o suelos contaminados. La aplicación de microorganismos eficientes, resulto muy eficiente para el tratamiento de aguas residuales, provenientes de una granja porcina, las cuales desembocan en una gran poza donde es captada por un periodo de tiempo determinado, y luego se descargan libremente sin un pre-tratamiento que garantice la mitigación de posibles impactos negativos al hábitat y ecosistemas. La presente investigación se desarrolló en la Provincia El Oro, cantón Piñas, sitio Buenos Aires donde se realizó la captura de los microorganismos; y en el sitio Panupalí donde se recolecto las aguas residuales de una granja porcícola. Los tratamientos que se diseñaron para la gestión ambiental de aguas residuales provenientes de una granja porcícola fueron: 4 g/L., 8 g/L., 12 g/L., 16 g/L., siendo el primer tratamiento el que más redujo la [DQO] de 155 mgO₂/L a 109,15 mgO₂/L. esto evidencia que los E.M representan una alternativa importante que puede sustituir a los tratamientos convencionales de aguas residuales, que en muchas ocasiones resulta costoso implementarlo; con esto la aplicación de E.M podría inducir la concientización de los porcicultores en temas de cuidado y respeto al medioambiente.

Palabras claves: Biorremediación, microorganismos eficientes, aguas residuales.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Guamán Conde, Luis Angel
Estudiante de maestría en Facultad de Ciencias Ambientales
Universidad Internacional Sek

Correo electrónico: luis.guaman.conde@hotmail.com

Summary.

Bioremediation comprises treatment with biological organisms, which contributes to the environmental management of effluents or contaminated soils. The application of effective microorganisms, turned out to be very efficient for the treatment of wastewater in a pig farm, which flows into a pool where it is captured for a period of time, and then discharged freely without a pre-treatment that ensures mitigation of possible negative impacts in habitats and ecosystems. This research was developed in the El Oro Province, Canton Pineapples, Buenos Aires where the capture of microorganisms was made; and onsite wastewater Panupalí where a pig farm was collected. The treatments were designed for environmental management of wastewater from a pig farm were:.... 4 g / L, 8 g / L, 12 g / L, 16 g / L, the first treatment the most reduced [COD] 155 mg O₂ / L to 109.15 mg O₂ / L. This shows that the EM represent an important alternative that can replace conventional wastewater treatment, which often is very expensive to implement; this procedure might induce EM pig farmers into awerness on issues of conservation and respect for the environment.

Keywords: Bioremediation, effective microorganisms, sewage.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos poseen naturalmente capacidades biosintetizadoras, lo que los convierte en un candidato ideal para tratar problemas propios de las ciencias vivas y de otras ciencias afines. Estos microorganismos han sido muy empleados durante muchos años para avanzar en investigaciones en el campo de la tecnología médica, humana y salud animal, procesamiento de alimentos, seguridad y calidad de alimentos, ingeniería genética, protección del medioambiente, biotecnología agrícola y tratamiento efectivo de desechos agrícolas y municipales, produciendo grandes alcances en cada una de las áreas.

El incremento poblacional a nivel mundial, genera la demanda de más recursos para la población, es así que las actividades productivas tienden a incrementarse y con ello los residuos generados por este sector. Producto de estas actividades, por lo general se suele descargar agua contaminada a ríos, lo cual genera un gran problema y costo ambiental, esto atenta contra la calidad del agua; diversos métodos convencionales se han aplicado pero con altos costos para su desarrollo e implementación.

Actualmente la biotecnología es considerada como una ciencia emergente para la protección del medioambiente, esta tecnología implica la utilización de microorganismos para el tratamiento biológico de los recursos agua, aire y suelo. Singh & Sharma (2014)

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

12

Shalaby (2011) afirma que la gestión ambiental en el reciclaje de residuos, tratamiento, control y eliminación de contaminantes, prevención y reutilización de aguas residuales, son algunos temas relevantes que actualmente pertenecen a una agenda global en las naciones.

El actual crecimiento poblacional y desarrollo socio-económico que está experimentando el mundo, está causando interés en la calidad y cantidad del recurso agua. Este interés genera inquietudes para una intervención eficaz en el uso sostenible del agua y prevención del deterioro medioambiental del agua. Las descargas de agua contaminada sobre ríos, está causando grandes incertidumbres sobre la calidad del agua. Zacaria, Gairola & Shariff (2010)

La contaminación ambiental superficial que sufre el suelo y agua, puede ser tratada a través de la Biorremediación, la cual emplea organismos biológicos. La tecnología de microorganismos eficientes, por sus siglas en inglés (E.M) Efficient Microorganism, estimula la descomposición de la materia orgánica por la vía de la fermentación y no de la putrefacción. Banco Interamericano de Desarrollo (2009)

El propósito del presente proyecto es analizar el efecto que producen los microorganismos eficientes nativos sobre la biodegradación de la materia orgánica presente en una poza séptica que recoge los lavados de una granja porcícola en el cantón Piñas, Provincia El Oro, Ecuador. De esta manera, desde la gestión ambiental se estaría aportando al desarrollo sustentable de la actividad porcícola y se demostraría que la tecnología E.M puede aplicarse en este sector ,y se podría motivar el uso de esta tecnología a personas con formación elemental, para que sean ellos quienes la elaboren y desarrollen para sus actividades.

1.1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Las aguas residuales, por lo general se procesan para su eliminación o reciclaje. Lo primero que se realiza es aplicar un tratamiento primario que abarca la parte físico-química, en segundo lugar se aplica los tratamientos secundarios que abarcan la parte biológica, en la cual la ejecución implica una biodegradación de la materia orgánica, y así convertir los contaminantes a formas químicas más simples. En la mayoría de los casos, la materia orgánica se convierte en productos oxidados, los cuales pueden servir como fuente de carbono para el desarrollo celular.

La Agencia de Protección del Ambiente por sus siglas en inglés EPA (2000) afirma que los sistemas sépticos no son los más adecuados para el tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas pueden deteriorar la superficie terrestre y alterar las condiciones del suelo y contaminar las aguas subterráneas.

Higa & Parr afirman que el tratamiento inadecuado de los desechos animales y humanos, son fuente de graves problemas ambientales y sociales a nivel global, generando contaminación ambiental y deterioro de ecosistemas.

A lo anterior podemos sumar los residuos orgánicos agroindustriales (residuos de cosechas y estiércol de animales) puede ser el motivo del apareamiento de graves problemas sanitarios y ambientales FAO (2013)

La Biorremediación emplea agentes biológicos como hongos, levaduras y bacterias para limpiar o tratar suelos y aguas contaminadas. La elaboración de E.M permite acelerar la degradación de la materia orgánica; neutralizan y previenen los malos olores. Bajo esta perspectiva se desarrollara la presente investigación para mitigar la contaminación ambiental atmosférica por la emanación de fuertes olores de la piscina donde se depositan los lavados de

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

la granja porcina y disminuir a corto plazo los niveles de DQO por degradación de la materia orgánica.

El Ecuador es un país netamente agropecuario. Es así que dentro de esta categoría, para el sostenimiento de la producción porcina, se requiere de grandes cantidades de agua para el aseo de las granjas y el empleo de alimentos balanceados que se traducen en el desarrollo del animal y por consiguiente la producción de estiércol y purines que son desechados libremente a pozas sépticas que en la mayoría de las veces no cuentan con tratamientos químicos o biológicos, desencadenando problemas ambientales, al agua, suelo y aire.

La emanación de malos olores, producto de la degradación orgánica, genera un gran impacto en la calidad del aire. Concentrar en un sitio grandes cantidades de agua contaminada, puede significar la contaminación de aguas subterráneas y la filtración de estas para alcanzar cauces de agua donde habitan peces y otras especies propias de los ecosistemas del lugar donde se realizara la investigación.

El análisis de los efectos del uso de la tecnología E.M en pozas sépticas, puede contribuir a mitigar problemas ambientales relacionados con calidad del aire, agua y suelo. Aplicar esta tecnología permitirá valorar la efectividad de la tecnología para combatir problemas ambientales generados por la acumulación de residuos en una poza séptica.

Las Asociación de productores porcinos del Ecuador por sus siglas ASPE (2009), afirma que la producción de cerdos bordea las 30000 TM/año. El consumo es creciente en la población ecuatoriana, en el año de 1990 llegaba a los 5 Kg/persona/año, para el año 2009 la cifra aumento a 8,5 Kg/persona/año. Esto quiere decir que el incremento en la producción se

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

encamina hacia el alza y con ello el incremento de residuos orgánicos y gases efecto invernadero por la degradación de la materia orgánica.

El destino de las excretas en las granjas porcinas, genera problemas ambientales. A nivel de suelo puede causar problemas nutricionales por el incremento exagerado de nutrientes que se incorporan al suelo, causando intoxicación a cultivos, animales y personas. A nivel de agua, la degradación de la materia orgánica disminuye la disponibilidad de oxígeno para organismos que necesitan vivir. A nivel de aire, las excretas producto de la degradación disminuye la calidad del aire por la generación de malos olores y gases efecto invernadero.

La tecnología E.M según (Zacaria, Gairola & Shariff, 2010) actúa como una solución alternativa para revivir ríos aparentemente muertos. El control de Oxígeno disuelto (OD), Demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Y pH, son algunos de los parámetros químicos que se controlan al momento de aplicar esta tecnología.

La piscina sobre la cual se depositan los vertidos de los lavados de la granja porcina está ubicada aproximadamente a 150 metros de una vivienda y a 100 metros del río que pasa por la granja, la piscina o poza séptica tiene una capacidad para almacenar 100 m³ de agua. La generación de malos olores es uno de los principales problemas que se detecta a los alrededores de la granja, por otro lado la poza no cuenta con geo membrana, lo cual puede inducir a la filtración de las aguas residuales y contaminar el río que está cercano.

Pregunta principal.

¿Cuáles son los efectos que produce la aplicación de microorganismos eficientes nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina que funciona en el cantón Piñas, Provincia El Oro?

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

Preguntas secundarias.

- ¿Cómo se debe de proceder para capturar los microorganismos eficientes nativos?
- ¿Cuáles serían los procedimientos que permitan reproducir los microorganismos eficientes nativos?
- ¿Cuáles son los parámetros químicos que se deberían de medir para demostrar la acción de los microorganismos eficientes frente a la degradación de la materia orgánica?
- ¿Cuál es el concentrado de microorganismos eficiente que sería más eficiente al momento de degradar la materia orgánica?

1.1.2. Objetivo General

Evaluar de la eficiencia de microorganismos nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina

1.1.3. Objetivos Específicos

1. Aislar mediante preparación de sustratos a los microorganismos eficientes nativos.
2. Elaborar extractos de microorganismos eficientes nativos.
3. Analizar la variación de pH, Oxígeno disuelto (OD), nitrógeno amoniacal y Demanda química de oxígeno (DQO), antes y después de iniciado el proceso de biodigestión aerobia con E.M
4. Aplicar concentrados de E.M nativos y comerciales en biodigestores aerobios, para medir la eficiencia del proceso.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

1.1.4. Justificación

El Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2009) afirma que la tecnología E.M posee la propiedad de neutralizar y prevenir malos olores, debido a la presencia de bacterias fotosintéticas; estas bacterias transforman las sustancias que generan los malos olores como son: metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, en ácidos orgánicos, los cuales no producen malos olores y son nocivos para el hombre.

Higa (1991; 1994; 1995) hace referencia a que los microorganismos benéficos puede estimular que exista un mayor equilibrio microbiológico en el suelo, de esta manera incrementando y mejorando los cultivos, creando un medioambiente más sostenible.

Infoagro (s.f) afirma que el propósito de la aplicación de la tecnología E.M en granjas porcícolas, es reducir los malos olores, mejorar el ambiente sanitario y salubridad en general de los cerdos, utilizar de manera eficiente los desechos animales, reducir los costos de productos químicos y alcanzar un manejo sostenible de la granja.

Con los antecedentes antes descritos, la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de microorganismos nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina del cantón Piñas, provincia El Oro. Año 2015” busca tratar un problema ambiental evidente como lo es la generación de malos olores, así mismo busca evidenciar la eficiencia de los E.M nativos para biodegradar la materia orgánica, de esta manera aportar con una base de datos que permita a profesionales de tercer y cuarto nivel, analizar la viabilidad de implementar esta tecnología en varios sectores donde la contaminación por residuos orgánicos es una problemática muy grave. Por otro lado, el presente estudio, aporta desde la academia a cumplir con el Objetivo 7 (Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

sostenibilidad ambiental territorial y global) del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), convirtiéndose de esta manera en un instrumento de apoyo a la gestión ambiental de estudiantes, investigadores y técnicos relacionados con la gestión ambiental.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Microorganismos Eficientes

2.1.1.1 Generalidades

La tecnología EM fue desarrollada por el Prof. Teruo Higa de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. La EM Research Organization (EMRO) fundada en 1994 en Japón, es la encargada de divulgar la tecnología a nivel mundial, con la finalidad de posesionar esta tecnología para el desarrollo sostenible de actividades agrícolas, pecuarias, entre otras.

Los microorganismos en sí, son considerados como agentes principales de limpieza a nivel ambiental.

Zacaria *et al* (2010) define a los microorganismos eficientes como un cumulo de microorganismos beneficioso y no beneficiosos que convienen en conjunto. Resulta ser una combinación de especies aeróbicas y anaeróbicas encontrados en todos los ecosistemas. Los microorganismos eficientes se componen de bacterias fotosintéticas, bacterias acido lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos de fermentación.

Por otro lado BID (2009) los define como microorganismos beneficiosos de origen natural, los cuales son una mezcla de tres grupos de microorganismos (Lactobacilos, levaduras y bacterias fototróficas o fotosintética). Estos microorganismos no son tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre.

Los microorganismos eficientes por presentar bacterias fotosintéticas en su composición, tiene la propiedad de neutralizar malos olores y prevenirlos. Las bacterias de carácter fotosintético ayudan a transformar las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoniac, etc.) en ácidos orgánicos que no producen malos olores y que no son nocivos para el hombre.

Los lactobacilos o bacterias ácido lácticas, comúnmente producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica. Este tipo de microorganismos además producen sustancias que ayudan a controlar cierto tipo de patógenos que atacan a diversas plantas.

Las levaduras ayudan a producir ciertas sustancias que actúan como hormonas naturales y promueven el desarrollo y crecimiento de las plantas.

2.1.1.2 Principales microorganismos contenidos en el (E.M)

Entre los principales microorganismos contenidos en el cultivo bacteriano (pull bacteriano) encontraremos a los siguientes géneros:

Figura 1. Microorganismos efectivos



Levaduras

Bacterias Ácido lácticas

Bacteria Fototrófica

Fuente: Ramírez, M (2006)

2.1.1.2.1 Bacterias fototróficas

Las bacterias fototróficas representan un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias tienen el poder de sintetizar materia orgánica y gases dañinos como el ácido sulfhídrico (H_2S) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuente energética.

En este grupo de bacterias podemos encontrar dos variedades muy comunes como son la *Rhodopseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaeroides*. Estas variedades de bacterias fototróficas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico y el dióxido de carbono en moléculas orgánicas (aminoácidos y carbohidratos), también sintetizan sustancias bio-activas.

Los metabolitos de este tipo de microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como sustrato para el incremento poblacional de microorganismos benéficos. Un ejemplo evidente sucede en la rizósfera: las micorrizas vesicular arbuscular (VA) se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) los cuales son secretados por las bacterias fototróficas.

2.1.1.2.2 Bacterias Ácido Lácticas (*Lactobacillus spp.*)

Las bacterias ácido lácticas tienen la característica de producir ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico producido es un potente esterilizador dentro de los sistemas donde se produce. Este ácido por lo general combate microorganismos perjudiciales como el *fusarium sp* y acelera la descomposición de la materia orgánica, facilita la solubilización de la cal y el fosfato de roca. Por otro lado las bacterias ácido lácticas tienen la propiedad de facilitar la fermentación de la

celulosa contenida en los troncos, de esta manera se trata de evitar perjuicios causados por la descomposición de estos materiales.

2.1.1.2.3 Levaduras (*Saccharomyces spp.*)

A este grupo de bacterias podemos citar como ejemplos la bacteria *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. La función de estas bacterias es degradar proteínas complejas y carbohidratos.

Las sustancias bio-activas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras inducen activamente la división celular en todas las raíces. Estas secreciones pueden ser de gran utilidad para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetes.

2.1.1.3 Modo de elaboración y activación

Los microorganismos siempre están adheridos al suelo. Para poder capturarlos se procede a elegir un carbohidrato como sustrato y energía, a esto se suma la melaza y agua virgen (sin ser tratada con cloro). Por lo general, se capturan microorganismos dejando envases que contengan arroz cocinado sin sal en el bosque por el lapso de 8 a 10 días. Más tarde el arroz se mezcla con agua virgen y melaza en un balde por 15 días. Camacho, R (s.f)

El Banco Interamericano de Desarrollo, BID en su manual de elaboración de Microorganismos Eficientes publicado en el año (2009), recomienda que para activar microorganismos eficientes se debe de realizar las siguientes actividades:

1. Se debe de disponer un bidón, tanque o tarrina que pueda cerrarse herméticamente.

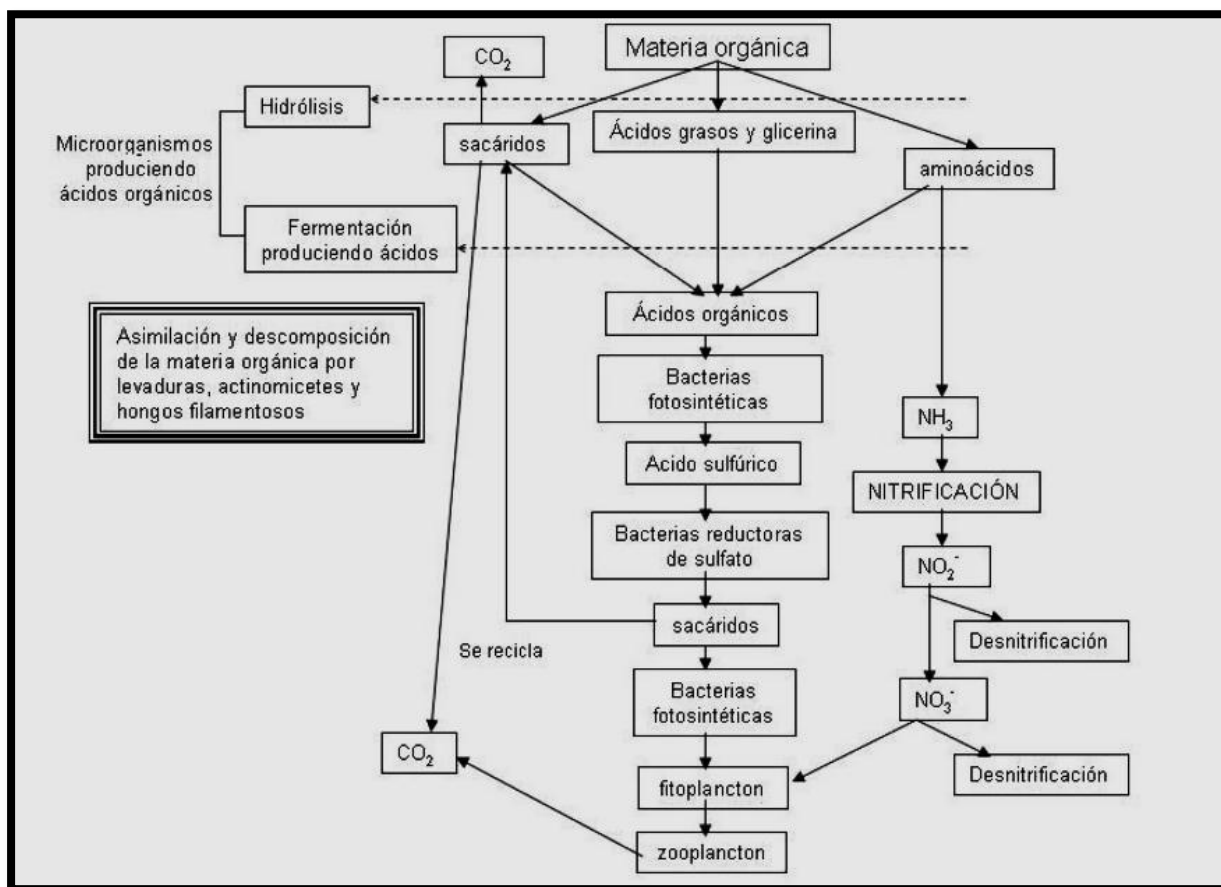
2. Las proporciones dentro del bidón serían las siguientes: 5% de ME; 5% de melaza y 90% de agua libre de cloro.
3. La melaza se debe de diluir en proporción 1:1 con agua caliente por 20 min a 60° C.
4. Se vierte la melaza, el agua y el sustrato de ME en el bidón y se deja reposar de 7 a 10 días, a una temperatura entre 25 a 40° C.
5. Al 4to o 5to día es conveniente dejar escapar los gases producto de la fermentación en el bidón.
6. El producto final tendrá olor agridulce y su pH será menor a 3,8.
7. El EM activado se conserva en un lugar fresco y oscuro a temperatura ambiente y se utiliza antes de los 60 días de elaborado, luego este pierde su efectividad.

El proceso de activación de EM tiene por objetivo la multiplicación de microorganismos. De esta manera se reducen costos de aplicación, ya que más adelante cuando se tenga listo el pull microbianos se puede diluir a diferentes concentraciones de acuerdo al uso que se le dé al preparado de EM.

2.1.1.3.1 Proceso químico de fermentación de EM

Miyashiro & Meggs (2007) afirman que: “en el proceso de fermentación las bacterias ácido lácticas generan ácidos orgánicos como resultado de su metabolismo, utilizando como sustrato los derivados de la materia orgánica producidos en la hidrólisis. Luego las bacterias fototróficas se encargan de producir ácido sulfúrico para ser aprovechadas por las bacterias reductoras de sulfatos produciendo sacáridos. Estos sacáridos vuelven a ser reprocesadas junto con los demás derivados de la materia orgánica para repetir el ciclo”.

Figura 2. Proceso de fermentación de la materia orgánica con EM



Fuente: Miyashiro & Meggs (2007)

Las bacterias fototróficas representan el eje central de la efectividad del EM, las mismas que utilizan como fuente la luz solar y ácidos orgánicos para reproducirse. El preparado de EM puede funcionar en ausencia de luz, dado que existe una interacción entre microorganismos que proveen de ácidos orgánicos a las bacterias fototróficas.

2.1.1.4 Ventajas

La tecnología EM se caracteriza por acelerar la descomposición de la materia orgánica, vía fermentación y no necesariamente la putrefacción. El uso de la tecnología EM, disminuiría drásticamente el apareamiento de moscas por descomponer la materia orgánica, vía

fermentación. Los ME tienen ciertas ventajas frente a productos químicos, que por lo general irritan las mucosas, a diferencia de la tecnología EM que no representa un riesgo alto para quienes lo manipulan.

Golec, Perez & Lokare (2006) afirman que la principal actividad de los microorganismos eficientes (EM), es incrementar la micro flora bacteriana en el ambiente donde se inoculen, y también el incremento de la producción de ciertos cultivos. Trabaja de manera sinérgica con otros microorganismos para proporcionar nutrientes a las plantas y combatir enfermedades propias de la agricultura.

2.1.1.5 Aplicaciones

Los microorganismos eficientes, desde su descubrimiento han sido ampliamente utilizados en muchas áreas, de manera especial en la parte ambiental y agrícola. Entre las aplicaciones más comunes tenemos las siguientes:

- Como constituyente de la alimentación animal para mejorar la flora bacteriana intestinal y ganar más peso en el animal.
- Control de concentraciones de amonio en galpones de aves.
- Control de malos olores.
- Como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo.
- Manejo de excretas e instalaciones de la industria animal (avicultura, ganadería y porcicultura).
- Aceleran la descomposición de la materia orgánica.
- Compiten con microorganismos dañinos en los ecosistemas.
- Reciclan nutrientes para las plantas.

- Producen sustancias y componentes naturales que mejoran la textura del suelo.
- Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se generan gases sulfurosos y amoniacales.
- Reduce la producción de lodos en sistemas de tratamientos convencionales.
- Tratamiento de aguas residuales (reincorpora las aguas residuales en aguas de riego).

2.1.2 Biodigestión Aerobia

2.1.2.1 Generalidades

El tratamiento natural de los residuos biológicos ha sido practicado durante siglos. Sin embargo es Estados Unidos uno de los pioneros del tratamiento biológico de aguas residuales.

El tratamiento aeróbico básico consiste en proporcionar oxígeno al sistema para que los organismos aerobios puedan reducir la porción orgánica de los residuos y convertirlos en dióxido de carbono y agua, en presencia de oxígeno.

Los sistemas aeróbicos según la Agencia de Protección Ambiental, EPA (2000) son muy empleados en el tratamiento de aguas residuales, los cuales son capaces de generar una mejora en la calidad del efluente superior.

Los microorganismos de origen natural representan la primera línea de acción para el tratamiento de aguas residuales, estos microorganismos pueden ser bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, y otros microbios, estos organismos permiten la conversión de compuestos complejos contenidos en las aguas residuales.

Entre las aplicaciones más importantes que presente un sistema de tratamiento aerobio es el equipamiento a un sistema séptico fallido. Otra aplicación importante que se ajusta al presente estudio es la necesidad de tener efluentes de elevada calidad para sitios ambientalmente sensibles.

En el tratamiento de aguas residuales, a través del sistema de digestión aerobio, se puede considerar biorreactores, los cuales pueden aportar a generar condiciones óptimas para la acción de microorganismos y se puede generar un proceso de renovación de las aguas residuales domésticas.

Existe una percepción desde la sociedad, la cual señala que las bacterias y otros microorganismos pueden resultar indeseables en la composición de las aguas residuales. Según Buchanan, J; Seabloom, R (2004) afirman que solo una pequeña fracción de los microorganismos en aguas residuales tienen una categoría de patógena. En el tratamiento aerobio de aguas residuales, se busca estimular el crecimiento de origen natural de microorganismos aerobios como un medio para renovar las aguas residuales. Los microorganismos representan el motor en el tratamiento de aguas residuales. Los compuestos orgánicos en aguas residuales, representan una forma alta de energía de carbono. La oxidación de compuestos orgánicos a la forma de baja energía (dióxido de carbono) se considera como el combustible que sostiene el sistema de tratamiento aerobio para aguas residuales.

Los microorganismos responsables de la oxidación de compuestos orgánicos complejos se denominan descomponedores, los cuales vuelven en formas más simples el carbono para que retorne en diversas formas que se depositaran en la tierra, el agua y atmosfera.

Para la descomposición de carbono orgánico y compuestos nitrogenados, es necesario contar con oxígeno disuelto.

Entre los materiales orgánicos más comunes en aguas residuales, tenemos: hidratos de carbono, grasas, proteínas, urea, jabones y detergentes. El denominador común para estos materiales orgánicos sería el carbono, hidrógeno, oxígeno y otros elementos como nitrógeno, azufre y fósforo. En el proceso de degradación, el N, P, S son biológicamente transformados de formas orgánicas a formas mineralizadas (NH_3 , NH_4 , NO_3^{-1} , SO_4^{-1} y PO_4^{-3}).

Finalmente la digestión aerobia se lleva a cabo por lo general en tanques sin calentar similares a los usados en el proceso de lodos activos. En ciertos casos los digestores anaerobios se han convertido en digestores aerobios. Se recomienda equiparlos con instalaciones de decantación, de modo que puedan emplearse para espesar los sólidos digeridos antes de evacuarlos a las siguientes instalaciones de espesamiento o secado de lodos.

2.1.2.2 Concepto

Para Valencia, G (s.f) la biodigestión aeróbica es un proceso mediante el cual un sustrato se somete a procesos de tratamiento aeróbico, por lo general se somete a una aeración prolongada en un tanque descubierto.

La digestión aerobia consiste en la descomposición biológica de la materia orgánica en presencia de oxígeno.

Para Fernández *et al* (2006) los sistemas aerobios en aguas residuales se condicionan por la baja solubilidad del oxígeno en agua. Por otro lado Mittal, A (2011) afirma que los procesos de tratamiento aerobio tienen lugar en presencia de aire y utilizan microorganismos aerobios,

los cuales utilizan el oxígeno molecular para convertir las impurezas orgánicas en dióxido de carbono, agua y biomasa.

2.1.2.3 Ventajas y desventajas

La digestión aerobia representa una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, que por lo general es la digestión anaerobia la más empleada para la depuración de las aguas.

Entre las ventajas y desventajas que presenta la digestión aerobia, tenemos las siguientes:

Ventajas.

- Reducción de solidos volátiles
- El sobrenadante obtenido tiene menor contenido de DBO que el alcanzado por digestión anaerobia. Por lo general cifras menores a 100 mg/l
- Formación de un producto inodoro final, biológicamente estable y que puede ser fácil de eliminarse.
- Menos problemas de operación debido a que se estabiliza el sistema.
- Bajos costos.
- Reducción de microorganismos patógenos.

Desventajas.

- Elevado costo asociado al suministro de oxígeno.
- La eficiencia en la reducción de solidos varia con las fluctuaciones de temperatura.
- Inconvenientes por no capturar el metano.

2.1.2.4 Descripción del proceso

En las primeras fases de digestión aeróbica, cuando una población de microorganismos se pone en contacto con una fuente ilimitada de sustrato, los organismos se reproducen con una tasa de crecimiento poblacional logarítmico que solo estaría limitada por su propia condición de reproducción. La tasa de consumo de oxígeno se incrementa rápidamente debido a la absorción y asimilación de la materia orgánica para la síntesis de nueva masa protoplasmática.

La digestión aerobia, puede asociarse al proceso de lodos activados. Al momento de agotarse el sustrato disponible, los microorganismos comenzaran a consumir su propio protoplasma con la finalidad de obtener energía para las reacciones de mantenimiento de las células.

Al momento de ocurrir el fenómeno antes descrito, se dice que los microorganismos se encuentran en fase endógena. En la siguiente ecuación el tejido celular se representa como $C_5H_7NO_2$; este es aerobiamente oxidado de dióxido de carbono, agua y amoníaco.



La oxidación del tejido celular se da en un 75 a 80%, el resto los forma compuestos orgánicos y componentes inertes que no son biodegradables. El amoníaco es oxidado a nitrato, conforme avanza la digestión.

La velocidad de destrucción celular disminuye conforme la relación alimento/microorganismo aumenta.

2.1.3 Parámetros Químicos

2.1.3.1 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

2.1.3.1.1 Conceptualización

La demanda química de oxígeno (DQO), en el agua, puede entenderse como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno es decir la cantidad de oxígeno consumido para la oxidación total de los constituyentes orgánicos a productos inorgánicos.

Fernández y Curt (s.f) afirman que el parámetro (DQO) representa a la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, las cuales son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida del parámetro (DQO) corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua ya sea su origen orgánico o inorgánico.

2.1.3.1.2 Método Hach de análisis

Principio del método.

La muestra se lleva a ebullición, a reflujo, en presencia de sulfato de mercurio (II), de una cantidad conocida de dicromato potásico y de un catalizador de plata, en medio fuertemente ácido, durante un tiempo determinado durante el cual una parte del dicromato es reducida por los materiales oxidables presentes. El exceso de dicromato se valora con una disolución de sulfato de hierro (II) y amonio. Se calcula la DQO a partir del dicromato reducido.

Método Hach para determinar DQO

1. Se enciende el termoreactor y se lo calibra para que se mantenga por 120 minutos a 150° C.
2. Se homogeniza 100 mL de muestra durante 30 segundos en una mezcladora.
3. Se mide en una probeta 2 ml de muestra del pull de microorganismos elaborado.
4. Se rotula el tubo de reactivo donde se va a verter la muestra.

5. Se vierte y se mezcla en el tubo de reactivo para DQO por el lapso de un minuto.
6. Llevar la mezcla de los tubos al termoreactor y dejar por el lapso de 120 minutos.
7. Se deja enfriar la muestra y se realiza la lectura en el espectro fotómetro UV-Visible marca HACH DR 3900.

Finalmente, en síntesis tenemos que los resultados en mg/L de (DQO) se definen como los mg de O₂ consumido por litro de muestra en las condiciones de este procedimiento. En este procedimiento, la muestra se calienta durante dos horas con un agente muy oxidante: dicromato potásico. Los compuestos orgánicos oxidables reaccionan, reduciendo el ión de dicromato (Cr₂O₇²⁻) a ión de cromo verde (Cr³⁺).

La cantidad de color verde producido es directamente proporcional a la cantidad de DQO presente. El reactivo de DQO contiene asimismo iones de mercurio y plata. La plata es un catalizador, y el mercurio se emplea para interferencias de cloruro complejas. Los resultados del ensayo se miden a 620 nm.

2.1.3.2 Oxígeno Disuelto (OD)

2.1.3.2.1 Generalidades

El oxígeno de manera general siempre será consumido y requerido por un cuerpo de agua y en todos los seres vivos para realizar funciones de carácter biológico. La producción de oxígeno está estrechamente relacionada con la fotosíntesis, mientras que su consumo dependerá de la respiración, descomposición en sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. La concentración de oxígeno disuelto dependerá del balance entre los dos fenómenos descritos.

A nivel de ecosistemas acuáticos, si la producción de oxígeno dentro del sistema es consumida en mayor cantidad de la que se produce, literalmente el oxígeno disuelto podría

verse disminuido drásticamente, con lo cual muchos organismos acuáticos podrían verse afectados. A continuación se detalla las consecuencias de la variabilidad de concentraciones de oxígeno disuelto en un sistema acuático:

Tabla 1. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0 – 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5 – 8	Aceptable	[OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos
8 – 12	Buena	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción sintética

Fuente: Goyenola, G (2007)

En el transcurso del día la [OD] suele elevarse por efecto de niveles elevados de fotosíntesis, luego del mediodía y al caer la noche las concentraciones suelen disminuir. Así mismo la [OD] será dependiente de la temperatura. Aguas más cálidas tienen el poder de disolver menor cantidad de oxígeno; es por esta razón que la descarga de agua caliente puede significar la disminución del OD a niveles por debajo del límite para el desarrollo de la vida de ciertas especies acuáticas.

Por otro lado, tenemos que la [OD] en lagos el nivel de Oxígeno Disuelto (OD) varía fundamentalmente con la profundidad, mientras en los ríos y arroyos, los cambios en la [OD] suele vincularse a la dimensión vertical del cauce.

Peña, E (2007) afirma que el oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua y es de importancia para mantener saludables los diversos cuerpos de agua.

Los niveles en la [OD] representan un indicador del grado de contaminación del agua y cuanto puede soportar esta agua la vida animal, vegetal y marina. La [OD] se mide en mg/L y se emplea el oxímetro. Para la medición hay que tener en cuenta la temperatura, la cual influye en la concentración de oxígeno disuelto.

Finalmente para tener en cuenta el Oxígeno no reacciona con el agua. El oxígeno disuelto (OD) en realidad es la distribución física de las moléculas de O_2 en el agua. Existen dos fuentes de oxígeno disuelto en el agua: la atmósfera y la fotosíntesis.

2.1.3.2.2 Método de análisis

Principio básico de medición de [OD]

El método electroquímico para la medición de (OD) requiere de un cátodo, ánodo, solución electrolito y una membrana permeable al gas. El material de la membrana es especialmente seleccionado para permitir el paso del oxígeno a través de esta. El oxígeno es consumido por el cátodo, el cual creará una presión parcial a través de la membrana. El oxígeno entonces difundirá dentro de la solución electrolito.

Método.

1. Se verifica el cable para medir [OD], que esté conectado debidamente en el oxímetro.
2. Se enciende el equipo.
3. Se espera un tiempo prudencial para que se estabilice el equipo.
4. Se procede a ingresar el sensor en el contenedor de agua residual.
5. Se procede a presionar el botón de inicio y se espera a que termine la lectura en un tiempo de 1 a 2 min.
6. Se hace la lectura del equipo y se procede a lavar el sensor en agua destilada.

2.1.3.3 pH. NTE INEN-ISO 10523

2.1.3.3.1 Generalidades

Goyenola, G (2007) afirma que el pH tiene influencia en la afectación de los procesos biológicos y químicos del agua. La mayor parte de los organismos acuáticos se desarrollan preferentemente en un rango entre 6,5 y 8,5 pHs fuera de este rango suelen indicar la disminución en la diversidad de ecosistemas acuáticos, debido al estrés generado en los organismos no adaptados. Bajos niveles de pHs también pueden provocar que ciertas sustancias tóxicas se movilicen o hagan disponibles para los animales.

El pH puede definirse como la medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez se eleva cuando el pH disminuye y una solución con un pH menor a 7 se considera ácida. La solución con pH mayor a 7 se considera básica. La solución de pH 7 se considera neutra.

Los cambios en la acidez pueden ser causados por la actividad propia de los organismos, deposición atmosférica conocida también como lluvia acida, características geológicas de la cuenca y descargas de agua de desecho.

2.1.3.3.2 Método de análisis

Para medir el rango de pH se puede analizar en campo o a nivel de laboratorio. Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un pH-metro el cual medio los niveles exactos de pH.

Método.

1. Se empieza limpiando el mesón de trabajo.
2. Se vierte 400 ml de agua estilada sobre un vaso de precipitación de 500 ml de capacidad.
3. Se enciende el equipo pH-metro y se calibra.
4. Se ensera y se procede a colocar el sensor sobre el agua residual y se presiona el botón de encendido.
5. Se deja pasar un pequeño lapso de tiempo hasta que el equipo marque una sola lectura del pH y se procede a retirar el sensor.
6. El sensor antes de cambiar a otro envase de agua residual, debe de enjuagarse en agua destilada.
7. Se repite los pasos 4, 5 y 6 para el resto de lecturas.

2.1.3.3.3 Nitrógeno Amoniacal. Norma INEN 0225

2.1.3.3.4 Generalidades

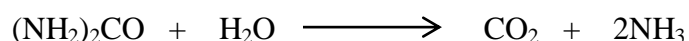
Espinosa, Rodríguez & Hernández (2013) afirman que el nitrógeno es considerado un indicador relevante en estudios medioambientales, debido a la importancia que este tienen en los procesos de tratamiento y control de calidad de agua residuales, así como también las descargas de aguas residuales al medio.

A nivel de aguas residuales se puede encontrar diversas formas de nitrógeno como por ejemplo: nitrógeno orgánico y amoniacal, nitritos, nitratos, entre otros.

El nitrógeno es considerado un nutriente esencial para todas las formas de vida y ligeros cambios en las concentraciones de nitrógeno biológicamente asequible puede afectar gravemente los diversos niveles de vida de animales y plantas.

Por otro lado la eliminación de nitrógeno amoniacal se basa en dos procesos combinados de nitrificación y desnitrificación, lo cual conlleva a una formación de fango en forma de biomasa fácilmente decantable.

El nitrógeno amoniacal es el resultado de la hidrólisis de la urea y de sustancias proteínicas, e indica contaminación con orina, residuos de fertilizantes, residuos de animales, etc.,



La hidrólisis de la urea se ve favorecida por la alcalinidad del pH que fluctúa valores entre 8,2 y 9,0 y si no se hidrolizara la urea, no se originaría el aumento de pH.

2.1.3.3.5 Método 8039 Bach

Para el desarrollo del siguiente método se requiere los siguientes elementos:

- a) Sobres de reactivo de cianurato de amoníaco en polvo.
 - b) Sobres de salicilato de amoníaco en polvo.
 - c) Cubeta de análisis, cuadrada de una pulgada, 10 mL.
-
1. Seleccionar en la pantalla del equipo, los programas almacenados.
 2. Se selecciona el test “385 N amoniacal Salic.
 3. La muestra preparada: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con muestra.
 4. Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con agua desionizada o destilada.
 5. Añadir el contenido de un sobre de reactivo de salicilato de amonio en polvo en cada cubeta. Tapar las cubetas y agitar para disolver los polvos.
 6. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 3 min.
 7. Luego que suene el temporizador, añadir el contenido de un sobre de reactivo de cianurato de amoníaco en polvo en cada cubeta. Tapar las cubetas y agitar para disolver el polvo.
 8. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 3 min. Comienza un periodo de reacción de 15 min. En presencia de nitrógeno amoniacal aparecerá un color verde.
 9. Limpiar bien el exterior de la cubeta y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
 10. Seleccionar en la pantalla: cero. La pantalla indicara 0,00 mg/L NH₃-N

11. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.

12. Seleccionar en la pantalla: medición. El resultado aparecerá en mg/L NH₃-N

2.1.4 HIPÓTESIS

Hipótesis 1: la evaluación de concentrados de microorganismos eficientes preparados en laboratorio, para el tratamiento biológico de pozas sépticas de granjas porcícolas resultará beneficioso, por la disminución de la [DQO] y otros parámetros químicos en el sistema de biodigestión aerobio.

Hipótesis 0: la evaluación de concentrados de microorganismos eficientes preparados en laboratorio no ejercen ningún efecto en la disminución de la [DQO] sobre un sistema de biodigestión anaerobio.

2.1.5 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente

Degradación de materia orgánica

Variables independientes

- Concentración de DQO
- Concentración de extractos de M.E
- Oxígeno disuelto

CAPITULO III

3 MÉTODO

3.1 NIVEL DE ESTUDIO

La presente investigación aplicara el estudio exploratorio para determinar la eficiencia de los microorganismos eficientes nativos a nivel de pozas sépticas en nuestro medio.

3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

La modalidad de investigación que empleara el presente estudio es la de campo, la cual recogerá siete muestras de aguas residuales, con un volumen de 2 L cada una, en el sitio de investigación y las conducirá a laboratorio para analizar parámetros químicos y biológicos para medir la eficiencia de la degradación de la materia orgánica.

Cubillos, A (s.f) afirma que las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas especiales sobre las demás aguas. Esto hace que se vuelva necesaria su comprensión para optimizar su manejo desde la gestión ambiental.

A partir del análisis de la literatura en la gestión ambiental de aguas residuales, se optó por seleccionar los siguientes parámetros químicos y biológicos:

Tabla 2. Listado de parámetros químicos y biológicos para aguas residuales

PARÁMETROS QUIÍMICOS	CRITERIO
pH	Se expresa en escala de 0 – 14 Goyenola, G (2007) afirma que el pH tiene

	<p>influencia en la afectación de los procesos biológicos y químicos del agua.</p>
Nitrógeno amoniacal	<p>Se expresa en mg/L</p> <p>Espinosa, Rodríguez & Hernández (2013) afirman que el nitrógeno es considerado un indicador relevante en estudios medioambientales</p>
Oxígeno disuelto (OD)	<p>Se expresa en mg/L</p> <p>Peña, E (2007) afirma que el oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua y es de importancia para mantener saludables los diversos cuerpos de agua.</p>
PARÁMETROS BIOLÓGICOS	
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	<p>Se expresa en mg O₂/L</p> <p>Fernández y Curt (s.f) afirman que La medida del parámetro (DQO) corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua ya sea su origen orgánico o inorgánico.</p>

Fuente: Guamán, L (2015)

3.3 MÉTODO

Método hipotético-deductivo

Se inició de una hipótesis inicial la cual emplea como instrumento la biodigestión aerobia de las aguas residuales, simulando de esta manera la poza sobre la cual se vierten los desechos generados en la granja porcina; de esta manera poder evidenciar la eficiencia de los E.M nativos en el proceso de biodegradación de la materia orgánica.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: se considera como población de estudio a la granja porcícola existente en el cantón Piñas, la cual tiene una capacidad de 200 cerdos.

Muestra: como muestra representativa se seleccionara 10 L de aguas residuales, los cuales serán vertidos en cinco tachos de plástico de forma cilíndrica con capacidad de 3 L, con la finalidad de simular la poza sobre las cuales se vierten los desechos. Se dispondrá de cinco envases plásticos, de los cuales cuatro contendrán las concentraciones propuestas por el investigador y un envase no contendrá ninguna concentración del pull de microorganismos elaborado en el presente estudio.

3.5 SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

El principal instrumento de investigación a emplearse en el presente estudio será los biodigestores aerobios, es decir no serán cerrados herméticamente, los cuales se llenaran con aguas residuales de la poza séptica y se procederá a medir parámetros como DQO para evaluar la eficiencia de los E.M sobre la materia orgánica. Esto se hace como simulación de lo que es la piscina de aguas residuales en el sitio de estudio. Se dispondrá de un equipo mecánico que mediante una hélice oxigenara el agua residual contenida en los envases y se

procederá más adelante a realizar las mediciones de los parámetros químicos y biológicos establecidos para la gestión ambiental del agua.

3.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La validez y confiabilidad con que los instrumentos de investigación a emplearse por el investigador son los adecuados según la bibliografía consultada, se basa en el análisis de parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, Oxígeno Disuelto (OD), nitrógeno amoniacal en biodigestores aerobios; estos parámetros se los establece por la capacidad que tienen los microorganismos de disminuir la degradación de la materia orgánica; estos parámetros serán monitoreados por 6 días para constatar la eficiencia que tienen los E.M en la degradación de la materia orgánica. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de investigaciones químicas de la Universidad Técnica de Machala en la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud.

3.7 PROCESAMIENTO DE DATOS

3.7.1 Análisis Cuantitativo

Para procesar la información generada en el proceso de investigación se acudirá a la utilización de software estadísticos que permitan procesar toda la información generada en el proceso de biodigestión aerobia. Para la tabulación del documento se utiliza el programa Excell y el programa Origin50 para graficar los datos generados en el proceso de investigación. Para el análisis de varianza se utilizó el programa StatGraphics.

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MICROORGANISMOS NATIVOS EN EL TRATAMIENTO DE POZAS SÉPTICAS DE UNA GRANJA PORCINA DEL CANTÓN PIÑAS, PROVINCIA EL ORO. AÑO 2015”

CAPITULO IV

RESULTADOS

TITULO DE LA INVESTIGACIÓN.

“Evaluación de la eficiencia de microorganismos nativos en el tratamiento de pozas sépticas de una granja porcina del cantón Piñas, provincia El Oro. Año 2015”

4.1 LEVANTAMIENTO DE DATOS/INFORMACIÓN

Para obtener resultados en la presente investigación, se consideró dos lugares para el desarrollo del presente proyecto. El primero es la parroquia Moro Moro en el sitio Buenos Aires, ubicada a 6 km del cantón Piñas, cuyas coordenadas UTM – 17S son: Este 640384.42, al Norte 9593793.86 lugar donde existen bosques nubosos y vírgenes; en ese sitio se hizo la captura de los microorganismos eficientes nativos (*Ver anexos*), seguidamente se visitó el sitio Panupali, lugar donde se recogió las aguas residuales y donde se ubicaba la granja porcina el cual era la razón de desarrollar el presente estudio. Panupali se ubica a 21 km de distancia del centro del poblado del cantón Piñas, Provincia El Oro, cuyas coordenadas UTM – 17S son: Norte 9596115.55, al Este 631477.66

Para el levantamiento de la información, se recurrió al diseño experimental de biodigestión aerobia, el cual se hizo un diseño experimental por duplicado a concentraciones de 4, 8, 12 y 16 g/L en envases plásticos, en los cuales se vertieron 2 L de aguas residuales y se le agrego el pull de microorganismos elaborado a las concentraciones antes descritas.

4.2 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez implementado el diseño experimental para el desarrollo de la presente investigación, se procede a interpretar los resultados obtenidos después de 6 días de medición de parámetros químicos establecidos en el presente estudio. A partir de la generación de resultados, se emplean métodos estadísticos con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados en el presente estudio. Los programas empleados para el presente estudio fueron: el programa Origin50 para graficar los datos generados en el proceso de investigación. Para el análisis de varianza se utilizó el programa StatGraphics.

A continuación se enlista los valores encontrados en el agua residual antes de la aplicación de los microorganismos eficientes.

Tabla 3. Valores de parámetros químicos y biológicos de las aguas residuales sin tratamiento.

PARÁMETRO	VALORES
pH	5,9
Oxígeno Disuelto	0,5 mg O ₂ /L
Nitrógeno amoniacal	5,75 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	155 mg O ₂ /L

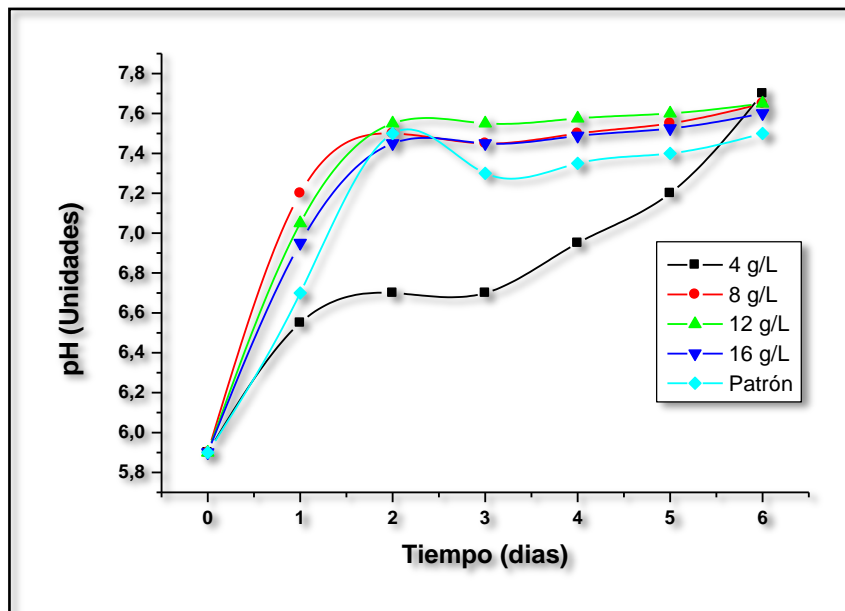
Elaborado por: Guama, L (2015)

4.2.1 Análisis de la variación de pH

Goyenola, G (2007) afirma que el pH influye de manera directa en procesos biológicos y químicos del agua. La gran mayoría de organismos acuáticos se desarrollan en un rango de pH entre 6,5 y 8,5., los valores que estén fuera de este rango disminuyen la diversidad de ecosistemas acuáticos.

Para el desarrollo del presente estudio se consideró este parámetro químico que forma parte de un gran listado para el tratamiento de aguas residuales y que están considerados para la gestión ambiental de aguas residuales.

Figura 3. Variación de pH por aplicación de E.M



.Fuente: Origin50

Elaborado por: Guamán, L (2015)

Interpretación.

La Legislación Ambiental Ecuatoriana, en el Libro VI Anexo I Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua. Para el parámetro pH contempla rangos entre 5 – 9 para aguas residuales. Según Coral, K (s.f) afirma que las especies acuáticas son sensibles a los cambios bruscos de pH, por lo que su control se vuelve fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas, de tal forma que, aun cumpliendo la Legislación Ambiental, el evacuar

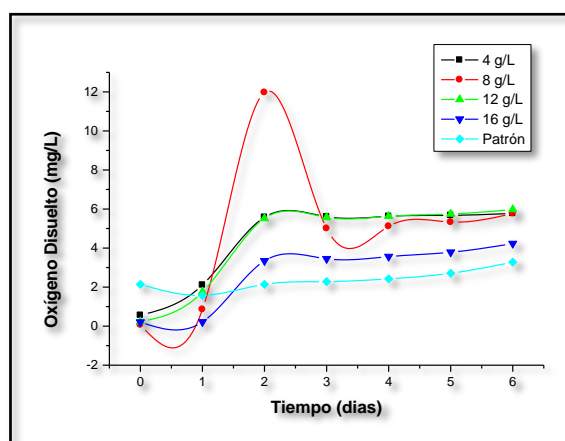
efluentes con un pH diferente al natural del cauce receptor, no puede causar daños irreparables al medio acuático.

Como se puede observar en la gráfica, tenemos que en el día 0 se parte con un pH ligeramente ácido de 5,9., casi en el límite inferior de lo que dice la norma y lo que algunos autores proponen como rangos para sostener un ecosistema acuático diverso. Conforme los días pasan, el pH se va incrementando hasta llegar al día sexto con un pH de 7,6., con esto se logra evidenciar un incremento importante, que si comparamos desde el menor resultado inicial hasta el máximo que llego al sexto día, estaríamos hablando de un incremento del 77,63%, 2/3 más de lo que inicialmente existía en las muestras de aguas residuales.

Para el desarrollo de la diversidad en un ecosistema acuático es relativamente bueno que se llegue a esta escala de pH ligeramente alcalina; por otro lado resulta muy efectivo tratar aguas residuales con microorganismos eficientes, para que a futuro si se va a proceder a descargar las pozas sépticas se cumpliría con la normativa ambiental y de esta manera se mitigaría posibles impactos negativos a ríos aledaños a las granjas porcícolas.

4.2.2 Determinación de [OD] en aguas residuales, aplicando E.M

Figura 4. Oxígeno disuelto



Fuente: Origin50

Elaborado por: Guamán, L (2015)

Interpretación.

El oxígeno disuelto se considera como un parámetro que determina la solubilidad del O_2 en el agua, $mgO_2/L.$, representa un indicador de calidad de agua, ya que se lo considera un factor fundamental para el desarrollo de la vida acuática.

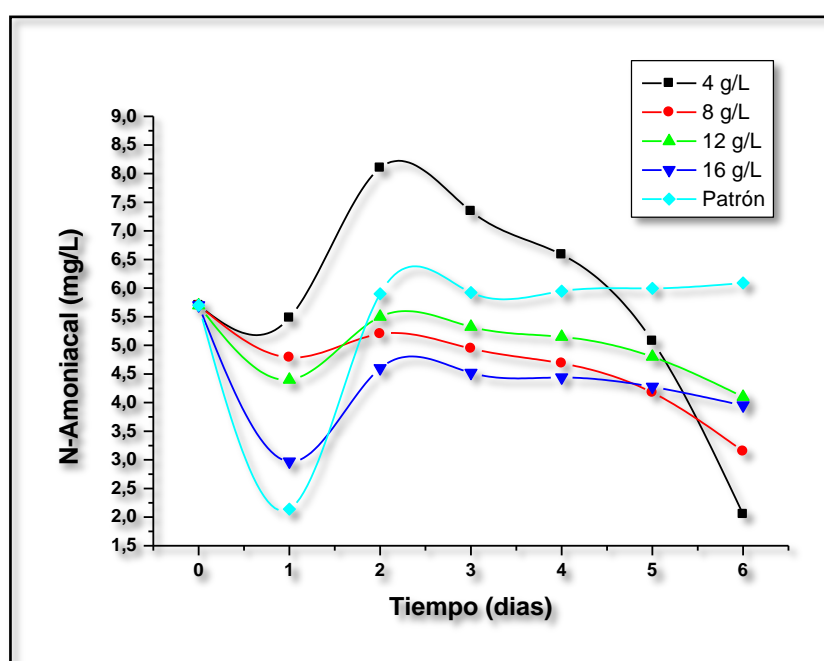
La Normativa Ambiental Ecuatoriana es muy clara en designar ciertas concentraciones que se deben de cumplir para preservar los ecosistemas y la vida de las especies, incluida la del hombre.

Es importante señalar que la solución patrón o testigo (biodigestor aerobio sin microorganismo eficientes) no reporta incrementos significativos; las diversas concentraciones a las cuales se aplicó los E.M., experimentan incrementos significativos es así que las concentraciones de 4, 8 y 12 g/L., al término del experimento llegan a una concentración de 6,1 $mg O_2/L.$ Según el TULAS las aguas que serán usadas para uso pecuario deben de tener 3 $mg O_2/L.$, para la preservación de flora y fauna en aguas frías, dulces o cálidas, aguas marinas

y estuario la norma indica que debe de tener no menor a 5mg O₂/L en agua cálida dulce. Los valores encontrados en el tiempo que duro el ensayo, son alentadores para la aplicación de la tecnología E.M., la cual estimula el incremento de Oxígeno disuelto (OD) y adicional se podría realizar otro tratamiento de aguas para poder descargar sin problemas la acumulación de grandes cantidades a suelos destinados a la agricultura.

4.2.3 Determinación de [N-Amoniacal] en aguas residuales, aplicando E.M

Figura 5. N- Amoniacal



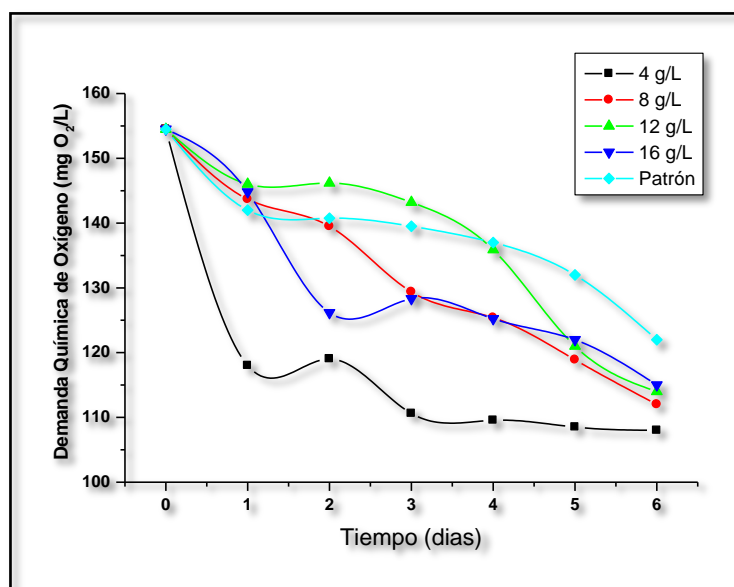
Fuente: Origin50

Elaborado por: Guamán, L (2015)

Como se puede ver en la figura 3 existe una disminución de la concentración de nitrógeno amoniacal en los 4 tratamientos estudiados, y luego de transcurrida 24 horas de digestión aerobia comienza a incrementarse en el mayor de los casos a 8 mg/L en el tratamiento 1 (4 g/L de inoculo) y luego se reduce hasta un valor de 2mg/L, lo cual indica que ha menor cantidad de ME incorporados, mayor eliminación de nitrógeno amoniacal, se ha comprobado que el nitrógeno amoniacal es un gas que se produce por fermentación microbiana de productos nitrogenados (Peña & Rueda, 2005).

4.2.4 Determinación de [DQO] en aguas residuales, aplicando E.M

Figura 6. DQO



Fuente: Origin50

Elaborado por: El Autor

Interpretación.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es conocido como un parámetro de la calidad y control ambiental de aguas, el cual mide la cantidad de materia orgánica e inorgánica, presente en el agua, susceptible de ser oxidada químicamente. Proporciona una idea de los niveles de contaminación de efluentes.

La concentración inicial de DQO es de 155 mg O₂/L y al termino del ensayo alcanzo para la menor concentración de tratamiento con M.E 109,15 mg O₂/L., y las demás concentraciones alcanzo los 115 mg O₂/L aproximadamente. Entre la concentración inicial y la menor concentración registrada existe una disminución del 29,58%., esto representa una clara evidencia del efecto positivo que tiene la aplicación de la tecnología M.E sobre aguas

residuales ricas en materia orgánica, ya que se eligió aguas residuales provenientes de una granja porcina.

Coral, K (s.f) en su libro titulado “Control de la contaminación de aguas residuales” cita que las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 – 5 ppm, o algo superiores. Los valores registrados de DQO aún son elevados, pero los efectos que produce la tecnología M.E., son positivos e indica que puede ser un tratamiento eficaz para tratar aguas residuales ricas en materia orgánica como es el caso de las aguas provenientes de la industria porcícola.

4.2.5 Análisis de varianza del ensayo experimental.

Este método nos permitió conocer y contrastar la hipótesis nula mediante las medias obtenidas en la disminución de la demanda química de oxígeno (mgO_2/L). A continuación en la tabla 4 se muestran los resultados del análisis de varianzb

a del experimento.

Tabla 4. Análisis de varianza del experimento

Fuente	Media	Varianza	N
A	109,15	1,06	3
B	113,16	1,58	3
C	114,36	0,41	3
D	115,59	0,38	3
Patrón	122,42	0,72	3

F = 84,03933
p = 1,17815E-7

Interpretación. Como se puede apreciar en la tabla 4 si existe una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los cuatro tratamientos estudiados, el tratamiento donde se logró reducir la demanda química de oxígeno (DQO), fue el tratamiento 1 (109,15) $\text{mg O}_2/\text{L}$.

4.2.6 Prueba de Tukey

Esta prueba se la realizó con la finalidad de estimar las diferencias que existen entre los tratamientos estudiados y el patrón (sin adición de E.M). A continuación en la tabla 5 se muestra la comparación múltiple de Tukey.

Prueba de Tukey

Tabla 5. Comparación múltiple de Tukey

Contrast	Difference	+/- Limits
12 g/L - 16 g/L	-1,23	2,45457
12 g/L - 4 g/L	*5,21	2,45457
12 g/L - 8 g/L	0,19333	2,45457
12 g/L - Patrón	*-8,06667	2,45457
16 g/L - 4 g/L	*6,44	2,45457
16 g/L - 8 g/L	2,42333	2,45457
16 g/L - Patrón	*-6,83667	2,45457
4 g/L - 8 g/L	*-4,01667	2,45457
4 g/L - Patrón	*-13,2767	2,45457
8 g/L - Patrón	*-9,26	2,45457

* significa que existe diferencia significativa

En la tabla #5 se puede apreciar que el tratamiento 1 (4g/L) es el que difiere ($p < 0,05$) del resto de tratamientos y fue el que se logró mayor remoción de materia orgánica (DQO). Mediante este método existe un nivel de confianza del 95% en el experimento. Dado que el valor de p es menos a 0,05, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Con este método, existe un riesgo de 5,0% de llamar a uno o más pares significativamente diferente cuando su real diferencia es igual a 0.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5. CONCLUSIONES

La presente investigación una vez concluida, permite hacer las siguientes conclusiones:

1. En la remoción de materia orgánica con el tratamiento #1 se generó la mayor disminución (29,58%) de las concentraciones de DQO, con lo cual queda evidenciado los efectos positivos de la tecnología E.M sobre el tratamiento de aguas residuales.
2. La disminución de nitrógeno amoniacal de 5,75 mg/L a 2 mg/L, muestra que la tecnología E.M puede significar otro tratamiento alternativo, de bajo costo y bajo impacto para el tratamiento de aguas residuales.
3. La estabilización de pH a un rango ligeramente alcalino 7,7., señala el cumplimiento de este parámetro con la normativa ambiental; la tecnología EM. resultó eficaz a la hora de estabilizar el pH, ya que inicialmente se empezó con un pH ligeramente ácido.
4. La remoción de la materia orgánica por efectos de la aplicación de la tecnología E.M permite elevar la [OD] de 0,5 mg O₂/L a 6 mg O₂/L, esto nos permite señalar que la tecnología E.M., permite cumplir con la normativa ambiental que indica 5 mg O₂/L.
5. La tecnología E.M resulta un importante tratamiento para aguas residuales, que puede transferirse a nivel de campo para pequeños y medianos porcicultores que

por lo general vierten sus desechos directamente a los ríos, con ello se mitigaría otro problema ambiental, actualmente vigente en nuestro medio.

6. El sitio donde se capturaron los microorganismos eficientes, resulto acertado para desarrollar e implementar el diseño experimental.
7. El tratamiento paralelo con un blanco o testigo (biodigestor aerobio sin microorganismo eficientes) que se realizó a una muestra de agua residual, resultó muy importante como referencia de la efectividad de la tecnología E.M en la gestión ambiental de aguas residuales.
8. Se ha determinado que la reducción del nitrógeno amoniacal del agua residual se debe a la fermentación aerobia por la presencia de microorganismos nitrificantes.
9. La elección de los parámetros químicos (pH, OD, Nitrógeno amoniacal) y parámetros biológicos (DQO), responden a la capacidad de los microorganismos para ayudar a digerir la materia orgánica y restablecer los valores encontrados inicialmente y puedan cumplir con la normativa ambiental vigente.
10. El método diseñado para la captura de los microorganismos eficientes, se ajusta a los alcances del proyecto propuesto. Los materiales empleados y las proporciones utilizadas, serían las indicadas para capturarlos en su hábitat.
11. El método de reproducción de microorganismos eficientes resulto el indicado para posteriormente aplicar el extracto en diferentes concentraciones para el tratamiento de aguas residuales. La reproducción de microorganismos se realiza bajo fermentación lo que es positivo porque no se genera grandes concentraciones de biogás como en la digestión anaerobia.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Continuar con investigaciones relacionadas con la tecnología M.E.
2. Experimentar con otras concentraciones para identificar el tratamiento más eficaz para la remoción de la materia orgánica.
3. Sostener un diseño experimental por tiempos más prolongados para evaluar la eficiencia a largo plazo.
4. Mapear sitios donde posiblemente se desarrollen microorganismos eficientes nativos.
5. Caracterizar la familia de microorganismos en el *pull* de microorganismos elaborados localmente.

CAPITULO VI

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

6.1 BIBLIOGRAFÍA.

- Silva, A; Silvas, R; Sanchez, A; Kinjo, S. (s.f) Use of Effective Microorganism for Treatment of Domestic Sewage by the Activated Sludge. Recuperado de: http://www.infrco.or.jp/english/KNF_Data_Base_Web/PDF%20KNF%20Conf%20Data/C4-9-153.pdf
- Okuda, A; Higa, T (s.f) Purification of Waste Water with Effective Microorganisms and its Utilization in Agriculture. Recuperado de: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/em_purification_waste_water_in_agriculture.pdf
- Nasr, A (2010) The effect of using Microorganisms on sludge reduction in wastewater treatment plant. Fourteenth International Water Conference. IWTC 2010. Cairo, Egypt. 459-468.
- Karamany, H; Shatoury, S; Ahmed, D; Saleh, I (2013) Potencial of effective microorganisms (EM) for conventional activated sludge upgrade. *International Water Technology Journal*. 3. 78-87
- Szymanski, N. and Patterson, R.A. (2003) Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems in *Future Directions for On-site Systems: Best Management Practice*. Proceedings of On-site '03 Conference by Patterson, R.A. and Jones, M.J. (Eds). Held at University of New England, Armidale 30th September to 2nd October 2003. Published by Lanfax Laboratories Armidale. ISBN 0-9579438-1-4 pp 347-354
- Shrivastava JN, Raghav N, Singh A (2012) Laboratory Scale Bioremediation of the Yamuna Water with Effective Microbes (EM) Technology and Nanotechnology. *J Bioremed Biodeg* 3:160. doi:10.4172/2155-6199.1000160
- Zakaria, Z; Gairola, S; Shariff, N (2010) Effective Microorganisms (EM) Technology for Water Quality Restoration and Potential for Sustainable Water Resources and Management. International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada.
- Sekeran, V; Balaji, C; Pushpa, T (s.f) Evaluation off Effective Microorganism (EM) in Solid Waste Management. Recuperado de: <https://escholarship.org/uc/item/56q5g376#page-1>
- Abdullah, M *et al* (2011) Production of effective microorganism using halal-based sources: A review. *African Journal of Biotechnology*. 10(81). 18649-18652
- International Nature Farming Research Center and Asia Pacific Natural Agriculture Network. (1999) *Kyusei nature farming and the Technology of effective microorganism*. Thailand
- Prospects of EM Technology in Agriculture. Recuperado de: http://world.saion-em.co.jp/file_6/file_6-9.pdf
- Golec, A; Gonzales, P; Lokare, C (2006) Effective Microorganism: Myth or Reality. *Peru Biol*. 14(2). 315-319. ISSN: 1727-9933

- Shalaby, E (2011) Prospects of effective microorganism technology in wastes treatment in Egypt. *Asian Pacific of Tropical Biomedicine*. 243-248. doi:10.1016/S2221-1691(11)60035-X
- Singh, R; Singh, P; Sharma, R (2014) Microorganism as a tool of bioremediation technology for cleaning environment: A review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 4(1). 1-6. ISSN 22208860
- BID (2009) *Manual Práctico de uso de EM*. (1ra Ed). Uruguay.
- Hoyos, A (2010) Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medioambiente. *Journal de Ciencia e Ingeniería*. 2(02). 42-45. Recuperado de: <http://jci.uniautonomia.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Digestión aeróbica. Recuperado de: <http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/DigAerobica.html>
- Montoya, G (s.f) Digestión aeróbica. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/05862/05862-15.pdf>
- Digestión aerobia de lodos. Recuperado de: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/4314/Capitulo6.pdf>
- Digestión aerobia. Recuperado de: <http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/ficha7.pdf>
- Fernandez et al (2006) Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Recuperado de: http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf
- Viracucha, S (2012) *Tratamiento biológico de aguas residuales generadas en un ingenio azucarero – con la tecnología de lodos activados*. Tesis de grado no publicada. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/864/1/T-UCE-0017-18.pdf>
- Herrero *et al* (s.f) Eliminación del nitrógeno amoniacal en aguas sanitarias residuales. [Versión DX Reader].
- Goyenola, G (2007) Determinación del pH. [Versión DX Reader].
- Lermann, B; Gilli, M; Eliggi M; Zerbato, M (s.f) Técnica analítica para Oxígeno Disuelto. [Versión DX Reader].
- Orellana, J (2005) Características de los líquidos residuales. [Versión DX Reader].
- Fernandez, J; Curt, M (s.f) Métodos Analíticos para aguas residuales. [Versión DX Reader].
- Espinosa, M; León, Y; Rodríguez, X (2013) Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*. 44. 1-12. ISSN: 1015-8553
- Goyenola, G (2007) Oxígeno disuelto. [Versión DX Reader].
- Peña, E (2007) Oxígeno Disuelto (OD). [Versión DX Reader].
- Coral, K (s.f) Control de la contaminación de aguas residuales. Universidad Internacional Sek. Facultad de Ciencias Ambientales.
- Cubillos, A (s.f) Parámetros y características de las aguas residuales. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

Método para aislamiento de microorganismos eficientes.

1. En una taza de 250 gramos se mide dos tazas de arroz blanco
2. Se procede a lavar el arroz en agua del grifo
3. Inmediatamente se procede a someterlo a cocción en una mezcla de agua y suero de leche (para alimentos cerdos 1:2) hasta que quede totalmente blando.
4. Se procede a tomar dos cucharadas soperas de arroz, las cuales se vierten en los vasos de estereofón de 12 onzas de capacidad (360 cc).
5. Inmediatamente se procede a tapar con polisombra o malla la cual se fijara con bandas de caucho.
6. Se repite los pasos 4 y 5 por 27 veces.
7. Una vez llenado los vasos, se procede a depositarlos en un bosque virgen o primario.
8. Los vasos preparados se deben de colocar a 50 cm de distancia del tronco del árbol del bosque virgen.
9. Se procede a ubicarlos en posición boca abajo, en medio de materia orgánica (hojas secas)
10. Los vasos deberán estar protegidos con canutas o mazorcas de cacao.
11. Se debe de dejar al ambiente por siete días desde su colocación.
12. Luego del tiempo de reposo, se procede a retirar los vasos del bosque virgen y se los lleva a laboratorio para su activación.

Método de activación de microorganismos eficientes.

1. En un vaso de precipitación medir 1 L de agua virgen.
2. Se procede a desmotar los vasos de estereofón que contienen el medio de cultivo con los microorganismos eficientes.
3. Se procede a verter el contenido en un recipiente de vidrio u olla de aluminio, limpia y estéril.
4. Se procede a licuar la mezcla de medio de cultivo en 1 L de agua virgen, inmediatamente se vierte en un recipiente de vidrio o plástico debidamente limpio y seco.
5. Se condiciona una caneca o bidón con capacidad de 20 L para la mezcla de microorganismos eficientes.
6. El bidón debe de contener una llave de liberación de líquidos y un escape de gases, por la digestión aerobia que se desarrollara.
7. Se prepara una mezcla 70-7,5-7,5-1 (agua virgen, melaza, extracto de ME, levadura), en el orden de porcentaje citado anteriormente.; el resto es espacio para el aire.

8. Se mide 14 L de agua virgen.
9. Se mide 1,5 L de melaza.
10. Se mide 1,5 L de microorganismos eficientes.
11. Se pesa 200 gramos de levadura.
12. Se procede a mezclar y envasar en el bidón.
13. Se deja reposar por 7 días y se controla la producción de biogás.

ANEXO 2

CAPTURA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES



Sustrato preparado con arroz y enriquecido con suero de leche.



Acondicionamiento del terreno y depósito de las tarrinas con el sustrato.

ANEXO 3

ACTIVACIÓN



Recolección de agua virgen.



Desmontaje de las tarrinas con E.M



Preparación del bidón donde se activara los E.M



ANEXO 4

ANÁLISIS DE LABORATORIO



Diseño experimental con digestores aerobios



Medición de pH y oxígeno disuelto con el equipo

ANEXO 5

Poza séptica

