

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**EFFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN LA CALIDAD DE  
AGUA DEL SECTOR POLVORAICO, DISTRITO DE MORALES,  
PROVINCIA DE SAN MARTIN**

**TÉSIS**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

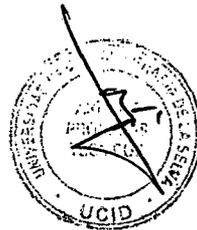
**Presentado por:**

**CENTENO RENGIFO, HENRY**

**PROMOCIÓN 2010 – II**

**Tingo María – Perú**

**2012**



**P10**

**C43**

**Centeno Rengifo, Henry**

**Efecto de microorganismos eficientes, en la calidad de agua del sector Polvoraico distrito de Morales, provincia de San Martín**

**72 páginas; 18 cuadros; 07 fgrs.; 15 ref.; 30 cm.**

**Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Ambiental) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables**

**1. MICROORGANISMOS**

**2. FISILOGIA**

**3. CALIDAD**

**4. AGUA POTABLE**

**5. AGUA SUBTERRÁNEA**

**6. CONSUMO**



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 12 de Junio del 2012, a horas 11:15 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### “EFECTO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR POLVORAICO, DISTRITO DE MORALES, PROVINCIA DE SAN MARTÍN”

Presentado por el Bachiller: **HENRY, CENTENO RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 27 de Junio del 2012.

Mcbigo. M.Sc. **CÉSAR S. LÓPEZ LÓPEZ**  
Presidente

Blgo. M.Sc. **MANUEL NIQUE ÁLVAREZ**  
Miembro

Blgo. M.sc. **EDILBERTO CHUQUILÍN BUSTAMANTE**  
Miembro

Ing. **RICARDO CHÁVEZ ASENCIO**  
Asesor

## DEDICATORIA

*Este trabajo de investigación va dedicado en especial a mi Dios de lo imposible y mis queridos padres: Henry Rossi Centeno Fabian y Mary Rengifo Hidalgo; quienes con sus esfuerzos y apoyo incondicional, hicieron posible la formación de mi carrera profesional y hacer de mí una persona de bien para el desarrollo de la sociedad emergente del siglo XXI.*

*A mis hermanos: Maritza, Virginia y José y a mis sobrinos Henry, Lucas y Mara, a todos ellos con mucho cariño y amor.*

## **AGRADECIMIENTO**

- A nuestro Dios Padre por brindarme la fortaleza física y mental en mi vida cotidiana y guiarme por el buen camino durante mi formación profesional.
- A la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, Alma Mater y pionera de la Amazonía Peruana, por brindarme la oportunidad de compartir su albergue durante mi formación profesional.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables y a los docentes del departamento de ciencias ambientales, por brindarme sus sabios conocimientos, experiencia profesional y todas las facilidades necesarias para la culminación de mi carrera profesional.
- Al Ing. Ricardo Chávez Asencio, Asesor de la presente tesis del Área de Manejo de cuencas hidrográficas, quien con su apoyo intelectual hizo posible la culminación del trabajo de investigación.
- Al Blgo. Luís Alberto Vivar Luque, que en paz descanse, por su colaboración incondicional en la labor de formación académica y por impartir sus sabios conocimientos, consejos y experiencia profesional.
- A la primera promoción de Ingeniería Ambiental, por haber sido un honor compartir las aulas con cada uno de mis colegas

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>01</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>04</b>
2.1. Microorganismos eficientes.....	04
2.1.1. Origen.....	04
2.2. Fisiología, clasificación y actividad en la naturaleza de los ME.....	06
2.2.1. Bacterias ácido lácticas.....	06
2.2.2. Bacterias fototróficas.....	10
2.2.3. Levaduras.....	13
2.3. Verificación de la inocuidad y calidad microbiana.....	16
2.4. Características del agua subterránea.....	19
2.5. Estándares de Calidad del agua potable en el mundo.....	22
2.6. Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua.....	36
2.7. Requisitos de calidad del agua para consumo humano.....	38
2.8. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	40
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
3.1. Zona de estudio.....	42

3.1.1. Ubicación de la investigación.....	42
3.1.2. Características ambientales.....	42
3.1.3. Uso potencial del suelo.....	43
3.1.4. Zonas de vida.....	44
3.1.5. Clima.....	44
3.1.6. Relieve.....	44
3.1.7. Accesibilidad.....	45
3.1.8. Materiales y equipos.....	45
a. Materiales de campo.....	45
b. Materiales de laboratorio.....	45
c. Equipos de campo.....	45
d. Equipos de laboratorio.....	46
3.2. Metodología.....	46
3.2.1. Unidades de estudio.....	46
3.2.2. Preparación de los ME anaeróbicos y aeróbicos.....	46
3.2.2.1. ME anaeróbico.....	46
3.2.2.2. ME aeróbico.....	46
3.2.3. Activación de los ME.....	47
3.2.4. ME activados en las unidades de estudio.....	47
3.2.5. Tratamientos.....	47
3.2.6. Parámetros biológicos.....	48
3.2.7. Análisis de los ME activados.....	49
3.2.8. Análisis estadístico.....	50
3.2.8.1. Modelo aditivo lineal (DCA).....	50

<b>IV.RESULTADOS</b> .....	52
4.1. ME utilizados en los tratamientos.....	52
4.1.1. <i>Rodhospseudomonas sp.</i> .....	52
4.1.2. <i>Lactobacillus sp.</i> .....	53
4.1.3. <i>Saccharomyces sp.</i> .....	53
4.2. Evaluación de parámetros biológicos de cuatro dosis de ME.....	54
4.2.1. Testigo.....	54
4.2.2. Evaluación de 200 gr de carbón vegetal más ME.....	54
4.2.3. Evaluación de 400 gr de carbón vegetal más ME.....	55
4.2.4. Evaluación de 600 gr de carbón vegetal más ME.....	55
4.2.5. Evaluación de 1000 gr de carbón vegetal más ME.....	56
4.3. Evaluación de ME más adecuado para el tratamientos de aguas.....	57
4.3.1. Coliformes totales.....	57
4.3.2. Coliformes termotolerantes.....	59
4.3.3. <i>Escherichia coli</i> .....	61
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	64
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	67
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>VIII. ABSTRACT</b> .....	69
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	70
<b>ANEXO</b> .....	73

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica.....	18
2. Estándares del reglamento nacional primario de agua potable.....	22
3. Estándares de calidad de agua potable en los países de América.....	36
4. Estandares nacionales de calidad de agua Categoría I.....	36
5. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológico y parasitológico.....	41
6. Aplicaciones en las unidades de estudio.....	48
7. Parámetros a analizar en el laboratorio referencial de San Martín.....	49
8. Esquema del análisis de varianza.....	50
9. Análisis de varianza.....	51
10. ME presentes en los tratamientos.....	52
11. Calidad del agua sin tratamiento.....	54
12. Calidad del agua al ser tratada con 200 gr de carbón vegetal más ME activado.....	55
13. Calidad del agua al ser tratada con 400 gr de carbón vegetal más ME activado.....	55
14. Calidad del agua al ser tratada con 600 gr de carbón vegetal más ME activado.....	56

15. Calidad del agua al ser tratada con 1000 gr de carbón vegetal más ME activado.....	57
16. Análisis de varianza de la población de coliformes totales.....	58
17. Análisis de variancia de la población de coliformes termotolerantes.....	60
18. Análisis de varianza de la población de <i>Escherichia coli</i> .....	62

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de la laguna de Andiviela.....	43
2. No presento crecimiento de colonias <i>Rhodopseudomonas</i> .....	52
3. Crecimiento de colonias <i>Lactobacillus sp</i> .....	53
4. Crecimiento de colonias <i>Saccharomyces sp</i> .....	53
5. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de <i>Coliformes Totales</i> (NMP/100 MI).....	59
6. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de coliformes termotolerantes (NMP/100 MI).....	61
7. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 MI).....	63
8. Recolección de muestra de agua en el pozo .....	74
9. Microorganismos eficientes cultivados en medio aeróbico.....	74
10. Microorganismos eficientes cultivados en medio anaeróbico .....	75
11. Tubos de ensayo con la dilución del agua muestreada .....	75
12. Determinación de los indicadores fecales.....	76
13. Extracción del agua tratada para su dilución .....	76
14. Enriquecimiento de las muestras para evitar el estrés.....	77
15. Unidades muestrales.....	77

16. Colocación del carbón vegetal más ME.....	78
17. Recolección e el cuerpo de agua para su tratamiento.....	78

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de microorganismos eficientes sobre la calidad de agua del sector Polvoraico, del distrito de Morales, provincia de San Martín. La metodología empleada se basó en la elaboración de un líquido que contiene microorganismos eficientes, para el posterior tratamiento de cuatro unidades muestrales de 150 litros (200, 400, 600 y 1000 gr. carbón vegetal + ME activados) y el muestreo de agua después de 22 días para la determinación del número más probable de coliformes, totales, coliformes termotolerantes y *Echerichia coli* y la identificación de la presencia del consorcio de microorganismos eficientes como las bacterias, *Rodhopseudomonas palustris*, *Lactobacillus sp* y la levadura *Saccharomyces sp*.

Se identificó la presencia de microorganismos eficientes, como la bacteria *Lactobacillus sp* y la levadura *Saccharomyces sp*, el parámetro microbiológico más representativo fue la presencia de *Echerichia coli*, que se evaluó en todo los tratamientos, obteniendo como resultado <1.8 NMP/100ml y la dosis óptima fue el tratamiento tres con 600 gramos de carbón vegetal más ME activados, teniendo una reducción porcentual de 80.16% respecto al testigo

## I. INTRODUCCIÓN

El control de la calidad microbiológica y química del agua de consumo requiere el desarrollo de planes de gestión cuya aplicación constituya la base para la protección del sistema y el control de los procesos con el fin de garantizar que las concentraciones de agentes patógenos y sustancias químicas existentes no ocasionen riesgos para la salud pública y que el agua sea aceptable para los consumidores. En la actualidad en todo el mundo se tratan de encontrar soluciones cada vez más extensas y complejas debido a los problemas originados por falta, incorrecto o insuficiente tratamiento de las aguas residuales, uno de los obstáculos es el costo de construcción y operación de dichas plantas de tratamiento, la aplicación de la tecnología con microorganismos eficientes (ME) trae soluciones a dichos problemas ambientales y a bajo costo, aplicando el principio de la resiliencia, donde la naturaleza tiene la capacidad de auto limpieza dado que funciona mediante ciclos del agua, biogeoquímicos, los de putrefacción y los de conservación.

En muchos sectores del distrito de Morales, no poseen sistemas de abastecimiento de agua, teniendo por necesidad de usar agua de los canales de irrigación o las aguas cercanas a la laguna Andiviela. La gran mayoría de los problemas de salud que están relacionados de forma evidente con el agua

se deben a la contaminación microbiana (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, también existe un número considerable de problemas graves de salud que puede producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de bebida y por tanto, la aplicación de la tecnología ME en aguas no aptas para el consumo humano según la normativa ambiental vigente, teniendo como objetivo principal el reducir algunas características indeseables, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias.

La tecnología de microorganismos eficientes basada en la actividad sinérgica de consorcios de microorganismos ambientales, ha sido reportada como una alternativa para el tratamiento de aguas contaminadas, ya que incrementa las densidades de microorganismos que pueden utilizar los compuestos presentes en el agua como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento, reduciendo sus concentraciones.

Sobre lo indicado se plantea ¿Cuál es efecto de los microorganismos eficientes para mejorar la calidad de agua del sector Polvoraico, del distrito de Morales, provincia de San Martín?; teniendo como hipótesis que los microorganismos eficientes mejorarán la calidad del agua del sector Polvoraico del distrito de Morales, Tarapoto, en un 50 %.

## **1.1. Objetivo general**

Evaluar del efecto de microorganismos eficientes en la calidad de agua del sector Polvoraico, del distrito de Morales, provincia de San Martín.

### **1.1.1. Objetivos específicos**

- Determinar el tipo de microorganismos eficientes utilizados en el tratamiento de aguas el sector Polvoraico.
- Evaluar los coliformes termotolerantes, coliformes totales, *Escherichiacoli* y *Salmonella sp.*, antes y posterior al tratamiento del agua del sector Polvoraico
- Determinar la dosis más adecuada de microorganismos eficientes para el tratamiento del agua del sector Polvoraico.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Microorganismos eficientes(ME)**

Los ME o EM(abreviación del inglés effective microorganismos) son los microorganismos eficaces, un consorcio de microorganismos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles entre sí que pueden actuar benéficamente en diferentes ecosistemas(ECO TECNOLOGIAS, 2011).

#### **2.1.1. Origen**

La tecnología de microorganismos eficientes (ME) fue desarrollada en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón, como una opción viable y sostenible para la producción agrícola y animal dentro de parámetros orgánicos y biológicos, que no afectan el medio ambiente, para lograr productos de alta calidad con bajo costo. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 130 países del mundo (ECO TECNOLOGIAS, 2011).

El inoculante microbiano de microorganismos eficientes (ME) es producido como un concentrado líquido para ser usado en el sector agropecuario, tanto en suelos como en cultivos, tratamiento de desechos orgánicos y manejo de aguas servidas, para eliminación de olores molestos producidos por la descomposición de excretas y orina, reducción drástica de insectos (moscas), manejo de cama en galpones, inoculación en tanques de almacenamiento de desechos orgánicos y lagunas de oxidación, producción de abonos a partir de excretas animales y en general para mejorar y mantener ambientes sanos y saludables dentro del entorno natural. Los EM, han sido aprobados en varios países, entre ellos los Estados Unidos, cuyo departamento de agricultura incluyó a todos los microorganismos presentes en el EM, dentro de la categoría de GRAS (Generally Recognized As Safe). (ECO TECNOLOGIAS, 2011).

El Doctor Higa donó al mundo la Tecnología EM™ y creó a EMRO (EM Research Organization), organización dedicada a investigar y difundir la tecnología, distribuida en cada país por organizaciones con igual orientación. EMRO autorizó en el año 2005 de manera exclusiva a ECOTECNOLOGIAS, S.A. para la difusión y manejo de La Tecnología EM™ en Venezuela (ECO TECNOLOGIAS, 2011).

## 2.2. Fisiología, clasificación y actividad en la naturaleza de los ME

### 2.2.1. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas son bacterias Gram positivas, normalmente son inmóviles y no esporuladas, que dan lugar a ácido láctico como principal o único producto de su metabolismo fermentativo. Todas las bacterias del ácido láctico crecen anaeróbicamente. No obstante, a diferencia de muchos anaerobios, la mayoría no son sensibles al O<sub>2</sub>, y pueden crecer en presencia o en ausencia del mismo; por lo tanto son anaerobios aerotolerantes (crecen tolerar el oxígeno, y crecer en su presencia aun cuando no pueden utilizarlo como aceptor final de electrones). Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica (REBOREDA, 2012).

Las bacterias ácido lácticas (BAL) aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Dentro de las bacterias ácido lácticas se ubican los organismos del género *Lactobacillus*. Recordemos que las bacterias Gram positivas son aquellas que al observar al microscopio se observan células en forma de bastones de color morado, esto debido a la composición de la pared, la cual presenta una capa que le da rigidez que se denomina peptidoglucano (o mureína), que está formado por dos derivados de azúcares, N-acetilglucosamina

y N-acelmúramico, y un pequeño grupo de aminoácidos que comprende L-alanina, D-alanina, D-glutámico y lisina; esta estructura representa el 90% de la pared celular de las bacterias Gram positivas, por lo tanto, al realizar la coloración de Gram, el cristal violeta se une fuertemente a esta estructura que posteriormente va a permitir ver su coloración morada después de sufrir un proceso de decoloración con alcohol acetona (REBOREDA, 2012).

Otra característica importante de los lactobacilos es la de tener un metabolismo fermentativo, el cual es un proceso donde se oxidan compuestos orgánicos (azúcares, glucosa) para conservar la energía en ATP, a diferencia de la respiración que el O<sub>2</sub> u otros aceptores terminales de electrones ayudan a conservar la energía (REBOREDA, 2012).

Cualquier carbohidrato o derivado, sirve como fuente fermentable para algún microorganismo; la lista incluye polisacáridos como el almidón, celulosa, quitina; disacáridos como lactosa, sacarosa y malta hexosa como glucosa, fructosa y galactosa; pentosas como arabinosa y xilosa; azúcares ácidos como el glucónico, como el manitol y el glicerol. La mayoría de las especies llevan a cabo un proceso homofermentativo, aunque otras pueden realizarlo de forma heterofermentativa. Estos dos procesos se diferencian principalmente porque el primer grupo tiene un solo tipo de producto fermentativo, el ácido láctico (CH<sub>3</sub>CHOHCOOH), mientras que el segundo grupo da otros productos además del ácido láctico como el etanol y CO<sub>2</sub>(REBOREDA, 2012).

La reacción de la fermentación láctica sería:



Su metabolismo se lleva a cabo en una atmósfera microaerofílica, es decir con una concentración entre 5 y 10% de CO<sub>2</sub>. Normalmente, los miembros del género *Lactobacillus* resisten mejor las condiciones de acidez que las restantes bacterias del ácido láctico; pueden crecer a pH ácidos entre 5.5 a 6.2, aunque son resistentes a la medios con pH cercanos a 4.0 – 3.6, esta propiedad les permite seguir creciendo durante las fermentaciones lácticas naturales, cuando el pH a disminuido tanto que otras BAL no pueden crecer. Por consiguiente, los lactobacilos pueden llevar a cabo las últimas fases de la mayoría de las fermentaciones ácido lácticas (REBOREDA, 2012).

Estos microorganismos son capaces de producir un tipo de sustancias antimicrobianas que pueden inhibir o matar otras especies estrechamente relacionadas e incluso a cepas diferentes dentro de la misma especie, estas sustancias son llamadas bactericidas. Existen numerosas bacteriocinas producidas por las BAL y cada una tiene espectros de inhibición particulares. Algunas bacteriocinas se utilizan en procesos que requieren la inhibición del crecimiento de bacterias indeseables para inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos como estafilococos y listerias (REBOREDA, 2012).

La especie presente en el EM *Lactobacillus casei* presenta las siguientes características:

Dominio: Bacteria

Familia: Lactobacteriaceae

Género: *Lactobacillus*

Especie: *Lactobacillus casei*

- Bacilo Gram positivo de ancho 0.7 – 1.1  $\mu\text{m}$  y 2.0 – 4.0  $\mu\text{m}$  ancho y largo, respectivamente. Se observa por lo general en cadenas.
- Inmóvil.
- Ausencia de esporo.
- Microerofílico.
- Homofermentativo.
- Su desarrollo se hace por medio de fisión binaria, en donde las
- Células se alargan hasta el doble de su longitud normal, desarrollando un tabique transversal, que eventualmente separa a la célula en dos células hijas.
- Requiere factores de crecimiento como: riboflavina, ácido fólico, niacina, tiamina, vitamina B12, entre otros.
- Esta especie puede ser aislada de leche, queso, productos lácteos (REBOREDA, 2012).

### 2.2.2. Bacterias fototróficas

El éxito evolutivo de las bacterias se debe en parte a su versatilidad metabólica, es decir, todos los mecanismos de obtención de materia (carbono) y energía que les permite sobrevivir en diferentes hábitats. Según la fuente de carbono que utilizan, los microorganismos se dividen en autótrofos, cuyo principal fuente de carbono es el CO<sub>2</sub>, y heterótrofos cuando su fuente de carbono es materia orgánica. Por otra parte, según la fuente de energía, los seres vivos pueden ser fototrófos, cuya principal fuente de energía es la luz, y los organismos quimiotrofos, cuya fuente es un compuesto químico que se oxida (REBOREDA, 2012).

La especie presente en el EM *Rhodospseudomonas palustris* pertenece al grupo de las bacterias púrpura no del azufre, porque originalmente se creía que no podían usar sulfuro como donador de electrones en la reducción de CO<sub>2</sub> a material celular. No obstante muchas bacterias pueden usar dicho compuesto, siempre que su concentración se mantenga baja (REBOREDA, 2012).

Las bacterias púrpuras no del azufre se caracterizan por ser células ovoides, a veces bacilos largos, otros cortos; presentan movilidad ya sea por flagelos polares, subpolares o peritricos, se reproduce por gemación, son Gram negativos; son fotótrofos. Las suspensiones microbianas se observan de color,

verde, amarillo – verdoso, naranja, café, rojas y púrpuras – violetas (REBOREDA, 2012).

Las *Rhodopseudomonas*, se caracterizan por ser fotótrofas, es decir, tienen la capacidad de convertir la energía lumínica en química, para producir energía (ATP). En las bacterias no existen cloroplastos y los pigmentos fotosintéticos están integrados en sistemas de membrana internos que se forman por invaginación de la membrana citoplasmática formando lamelas, los pigmentos producidos son conocidos como bacterioclorofila a o b y varios tipos de carotenoides (REBOREDA, 2012).

Bajo condiciones anaerobias y de luz, todas las especies de este género crecen fotoheterótrofas con varios sustratos orgánicos o fotoautótrofas, con moléculas de  $H_2$ ,  $S_0$ ,  $S_2O_3$  como donadores de electrones y  $CO_2$  como única fuente de carbono. La *Rhodopseudomonas palustris* es una especie que presenta las siguientes características:

Dominio: Bacteria

Orden: Rhodobacteria

Familia: Ectothiorhospiraceae

Género: *Rhodopseudomonas*

Especie: *Rhodopseudomonas palustris*

- Bacilo Gram negativo, al poseer en su membrana una pequeña capa de peptidoglicano, la cual al realizar la coloración de Gram se torna de coloración rosa.
- Células de un tamaño aproximado a  $0.6 - 0.9 \mu\text{m}$  de ancho y  $1.2 - 2.0 \mu\text{m}$  de largo.
- Esta especie se caracterizan también por dividirse por gemación, debido a la presencia de pedúnculos que es un tubo de aproximadamente  $1.5 - 2.0$  veces el largo de la célula original, esta estructura les permite adherirse a substratos sólidos. El pedúnculo no contiene ni citoplasma ni pared celular.
- El proceso de división celular se lleva a cabo por la elongación de la célula seguida de fisión, durante el cual se forma un flagelo único en el polo opuesto al pedúnculo. Las células flageladas se separan de la célula madre no flagelada, nadan alrededor y se fijan a una nueva superficie, formando un pedúnculo en el polo flagelado, al tiempo que desaparece el flagelo. La formación de pedúnculos es una fase necesaria previa a la división celular y está coordinada con la síntesis de DNA.
- La división celular suele producirse como resultado de un crecimiento desigual de la célula.
- Fotoheterótrofas o Fotoautótrofas.
- Esta especie es la única en tomar el benzoato como fuente de carbono.
- Tiene las invaginaciones citoplasmáticas donde se encuentran las bacterioclorofilas que les permiten ser fototróficas.
- Crecimiento mesofílico:  $30 - 37^{\circ}\text{C}$ .
- El color de la suspensión microbiana es de color rojo.

- Productoras de enzimas (catalizadores biológicos para aumentar la velocidad de una reacción de degradación) como amilasas, hidrolasas, proteasas y gelatinasas. Por ende, es capaz de degradar compuestos orgánicos e inorgánicos.
- Tiene la capacidad de remover  $H_2S$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$ , hidrocarburos, y nitratos y halógenos, reduciendo así la DBO (Demanda biológica de oxígeno).
- Tiene la capacidad de degradar y remover algunos compuestos tóxicos presentes en aguas residuales como son putresinas, cadaverinas, entre otros.
- Incrementa la recuperación de metales pesados.
- Estas son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando luz solar y el calor como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares. Estos metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan también como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes (REBOREDA, 2012).

### **2.2.3. Levaduras**

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototrópicas y materia orgánica (REBOREDA, 2012).

Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomicetos. Las levaduras normalmente predominan en hábitats con abundante azúcar, tales como frutas, flores, e incluso corteza de los árboles. Algunas especies se emplean en todas las partes del mundo para la elaboración del pan y la producción de bebidas alcohólicas por fermentación, pues segregan enzimas que convierten los azúcares en alcohol y CO<sub>2</sub>. Otras son responsables de la aparición de sabores especiales en ciertos vinos una vez que se ha realizado la fermentación principal (REBOREDA, 2012).

Algunas se encuentran como contaminantes en las industrias de fermentación, donde su presencia es indeseable, ya que reducen el rendimiento de alcohol o producen sabores desagradables. Hay especies que prosperan en sustratos con un porcentaje elevado de azúcar, productos que se consideran por lo regular libres del ataque de los hongos. Las células de levadura son mucho más grandes que las bacterianas y pueden distinguirse no solo por su tamaño sino por la presencia de elementos intracelulares tales como el núcleo, ya que estas son células eucariotas. Las levaduras son muy parecidas a bacterias macroscópicamente pero son más cremosas y los colores que presentan son blancos, beige o un poco más oscuros. Algunas son rosadas o rojas porque tienen carotenoides (REBOREDA, 2012).

La especie presente en el EM es *Saccharomyces cerevisiae*, la cual es muy importante en la industria para la producción de etanol a partir de melazas o de granos previamente sacarificados. La *Saccharomyces cerevisiae* tiene las siguientes características (REBOREDA, 2012).

Reino: Fungi

Phylum: Ascomycota

Clase: Hemiascomycetes

Orden: Saccharomycetales

Familia: Saccharomycetaceae

Género: *Saccharomyces*

Especie: *Saccharomyces cerevisiae*

Es un hongo levaduriforme que presenta células alargadas, globosas a elipsoidales con gemaciones o blastoconidios multilaterales (de 3 – 10 x 4.5-1  $\mu\text{m}$ ). Las levaduras (*Saccharomyces* sp.) son uno de los probióticos más utilizados en alimentación animal, tanto en monogástricos como en rumiantes. Los efectos reconocidos en rumiantes se atribuyen al aumento de la celulólisis ruminal y del flujo de proteína microbiana al intestino (NEWBOLD, 2003; VAN VUUREN, 2003).

A las levaduras se les atribuyen además ciertas propiedades de control del pH del rumen. Por otro lado pueden también considerarse como una

fuerza natural de vitaminas y ácidos orgánicos para la población microbiana del rumen (REBOREDA, 2012).

### **2.3. Verificación de la inocuidad y calidad microbiana**

Los agentes patógenos tienen varias propiedades que los distinguen de otros contaminantes del agua de consumo. Son componentes discretos y no están en solución, con frecuencia forman agregados, o se adhieren a sólidos suspendidos en el agua. La probabilidad de infección por la exposición a un agente patógeno depende de su invasividad y virulencia, así como de la inmunidad de la persona expuesta. Si la infección arraiga, los agentes patógenos se multiplican en su hospedador. Ciertas bacterias patógenas son también capaces de multiplicarse en alimentos o bebidas, de modo que perpetúan o incluso aumentan las posibilidades de infección. A diferencia de muchos agentes químicos, la relación entre dosis y respuesta de los agentes patógenos no es acumulativa. Las bacterias indicadoras de contaminación fecal, incluida *Escherichia coli*, son parámetros importantes en la verificación de la calidad microbiológica del agua. Esta de la calidad del agua complementa el monitoreo operativo y las evaluaciones de los riesgos de contaminación, por ejemplo, mediante auditoría de las plantas de tratamiento, evaluación del control de los procesos e inspección sanitaria (OMS, 2011).

Para proporcionar resultados significativos, las bacterias indicadoras de contaminación fecal deben cumplir determinados criterios. Deben estar presentes universalmente, en concentraciones elevadas, en las

heces humanas y de otros animales de sangre caliente, ser fácilmente detectables mediante métodos sencillos y no proliferar en aguas naturales. El microorganismo elegido como indicador de contaminación fecal es *Escherichia coli*. En muchas circunstancias, en lugar de *Escherichia coli* puede analizarse la presencia de bacterias coliformes. El agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores. En la mayoría de los casos, el análisis de la presencia de bacterias indicadoras proporciona un alto grado de seguridad, ya se encuentran en cantidades abundantes en aguas contaminadas (OMS, 2011).

El agua de consumo tratada puede no contener *E. coli* y sin embargo contener agentes patógenos más resistentes a las condiciones medioambientales o técnicas de tratamiento convencionales. Estudios retrospectivos de epidemias de enfermedades transmitidas por el agua y avances en el conocimiento del comportamiento de los agentes patógenos en el agua han mostrado que la confianza sistemática en hipótesis relacionadas con la ausencia o presencia de *Escherichia Coli* no garantiza la adopción de decisiones óptimas relativas a la seguridad del agua. Los protozoos y algunos enterovirus son más resistentes a muchos desinfectantes, incluido el cloro, y pueden seguir siendo viables (y mantener su capacidad patógena) en el agua de consumo tras su desinfección. Otros microorganismos pueden ser indicadores más adecuados de peligros microbianos persistentes, y debería evaluarse su selección como indicadores adicionales a tenor de las circunstancias locales y los conocimientos científicos. Por consiguiente, para

verificar la calidad microbiológica del agua puede ser preciso analizar diversos microorganismos, como enterococos intestinales, (esporas de *Clostridium perfringens* y bacteriófagos) (OMS, 2011).

El cuadro 1 indica valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo. No se deben aplicar valores de referencia individuales tomados directamente de los cuadros, sino que deben utilizarse e interpretarse junto con la información de las presentes Guías y otros documentos complementarios (OMS, 2011).

Una consecuencia de la diversa vulnerabilidad de las personas a los agentes patógenos es que la exposición a agua de consumo de una calidad particular puede producir efectos sobre la salud diferentes en poblaciones diferentes. Para la determinación de valores de referencia es necesario definir las poblaciones de referencia o, en algunos casos, centrarse en grupos de población vulnerables específicos. Al determinar las normas nacionales, puede ser oportuno que las autoridades nacionales o locales tengan en cuenta las características específicas de las poblaciones afectadas (OMS, 2011).

Cuadro 1. Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica

Microorganismos	Valor de referencia
<b>Toda agua destinada a ser bebida</b>	No detectables en ninguna
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>a</sup>	muestra de 100 ml
Agua tratada que alimenta al sistema de	No detectables en ninguna

distribución	muestra de 100 ml
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>b</sup>	
Agua tratada presente en el sistema de distribución	No detectables en ninguna muestra de 100 ml
<i>E. coli</i> o bacterias coliformes termotolerantes <sup>b</sup>	

Fuente: OMS (2011)

- a. Si se detecta *E. coli* debe investigarse inmediatamente su origen.
- b. Aunque *Escherichia. colies* el indicador de contaminación fecal más preciso, el recuento de bacterias coliformestermotolerantes es una opción aceptable. En caso necesario, deben realizarse los análisis de confirmación pertinentes. Las bacterias coliformes totales no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales donde casi todos los sistemas de abastecimiento de agua no tratada contienen numerosas bacterias que no constituyen un problema sanitario (OMS, 2011).

#### 2.4. Características del agua subterránea

**Calidad física:** El agua subterránea es un agua clara, incolora, con poca o ninguna sustancia en suspensión y tiene una temperatura relativamente constante. Estas características se atribuyen a la filtración y percolación lenta a través de las capas geológicas que atraviesa (IUCN, 2008).

**Color:** el color puede ser producido por sustancias minerales, vegetales, metálicas o por sustancias orgánicas o inorgánicas, sus efecto es psicológico ya que un color poco agradable a la vista se relaciona inmediatamente con aguas de mala calidad (IUCN, 2008).

**Turbidez:** se atribuyen a material en suspensión y en estado coloidal que impide la penetración de la luz, la turbidez puede ser ocasionada

por microorganismos o por sustancias minerales que incluyen compuestos de zinc, hierro o manganeso (IUCN, 2008).

Olores o sabores: Los olores y sabores desagradables en el agua están asociados a microorganismos vivos, residuos vegetales, sustancias orgánicas y por sustancias minerales (IUCN, 2008).

Calidad química: La calidad química del agua subterránea se ve directamente afectada por el movimiento lento que esta tiene en el subsuelo; es así como mantiene uncontacto directo y prolongado con los minerales, los cuales se van disolviendo en el agua (IUCN, 2008).

Dureza: Es producida principalmente por el calcio y el magnesio y en menor cantidad por sales de hierro y manganeso (IUCN, 2008).

Sólidos totales disueltos: Si contiene menos de 500 ppm de sólidos disueltos se puede emplear en uso doméstico, aguas con más de 1000 ppm de sólidos disueltos poseen sabor desagradable y no se utiliza para uso doméstico, su presencia se debe a minerales y metales pesados (IUCN, 2008).

Hierro (Fe): En realidad todos los suministros de agua contiene algo de hierro pero 0.3 ppm es el límite máximo de hierro permisible en el agua que se va a consumir. El agua subterránea puede presentar concentraciones entre 1 y 5 ppm; después de airarlas se puede obtener concentraciones de 0.1 ppm. El problema de metales pesados disueltos en el

agua como el hierro es sin duda el más grave, que se genera por el contacto directo del agua con minerales que se encuentran en el subsuelo (IUCN, 2008).

Las aguas portadoras de hierro favorecen el crecimiento de bacterias ferrosas, las cuales se encuentran envueltas por un revestimiento de filamentos, que crecen adhiriéndose a las paredes del pozo, a la tubería y a la capa acuífera. Estas bacterias a medida que se producen, van formando una especie de jalea viscosa que pueden llegar a obstruir la producción del pozo (IUCN, 2008).

**Manganeso (Mn):** Su comportamiento químico y su manifestación en el agua natural es similar a la del hierro. El manganeso de las rocas es menos abundante que el hierro, por eso, en las aguas subterráneas es menos común su presencia y sus concentraciones son menores a la del hierro. Las aguas que contienen manganeso se puede detectar por las manchas de color negro que al igual que el hierro dejan en la tubería y en la ropa (IUCN, 2008).

**Calidad bacteriológica:** Las aguas subterráneas están exentas de organismos pequeños (microbios) que transmiten o causan enfermedades. Sin embargo las capas acuíferas se ven afectadas por la contaminación que va desde la superficie cuando existen fisuras, fracturas y demás fenómenos geológicos que permiten la entrada de aguas provenientes de senderos, fosas sépticas, estiércol de establos, desperdicios agrícolas y aguas negras entre otras. El mayor peligro que puede sufrir el agua es la contaminación ya sea por

excreción humana, animal o por aguas residuales. Los microorganismos patógenos provenientes de enfermedades gastrointestinales encuentran un perfecto canal de transmisión en el agua (FER WAT, 2009).

## 2.5. Estándares de calidad del agua potable en el mundo

La calidad del agua potable es de suma importancia para la salud, por lo cual la mayoría de los países tienen legislaciones internas que están relacionadas con las aguas de consumo humano. Estas normas que se citan en el cuadro 2 sirven para determinar la responsabilidad de los distintos sectores involucrados en la producción y distribución del agua potable, su monitoreo y su control. Los países cuentan, así mismo, con reglamentaciones que definen qué se entiende por agua potable; es decir, los patrones que se deben seguir para que el agua sea inocua para la salud humana. Entre esas reglamentaciones hay una muy específica, que se denomina "Norma de Calidad del Agua Potable". Allí se establece que sustancias pueden estar presentes en el agua y las concentraciones máximas permisibles que no significan riesgo para la salud (EPA, 2000).

Cuadro 2. Estándares del reglamento nacional primario de agua potable  
Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

Contaminante	MNMC <sup>1</sup> (mg/l) <sup>4</sup>	NMC <sup>2</sup> o TT <sup>3</sup> (mg/l) <sup>4</sup>	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supere el NMC	Fuentes de contaminación comunes en agua potable
Químicos Inorgánicos				
Antimonio	0.006	0.006	Aumento de colesterol en	Efluentes de de refinерías de petróleo;

				sangre; descenso de azúcar en sangre (aumento de colesteroemia; hipoglucemia).	retardadores de fuego; cerámicas; productos electrónicos; soldaduras.
Arsénico	ninguno <sup>5</sup>	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales; agua de escorrentía de huertos; aguas con residuos de fabricación de vidrio y productos electrónicos.	
Asbestos (fibras >10 micrómetros)	7 millones de fibras por litro (MFL)	7 MFL	Alto riesgo de desarrollar pólipos intestinales benignos.	Deterioro de cemento amiantado (fibrocemento) en cañerías principales de agua; erosión de depósitos naturales.	
Bario	2	2	Aumento de presión arterial.	Aguas con residuos de perforaciones; efluentes de refinерías de metales; erosión de depósitos naturales.	
Berilio	0.004	0.004	Lesiones intestinales.	Efluentes de refinерías de metales y fábricas que emplean carbón; efluentes de industrias eléctricas, aeroespaciales y de defensa.	
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales.	Corrosión de tubos galvanizados; erosión de depósitos naturales; efluentes de refinерías de metales; líquidos de escorrentía de baterías usadas y de pinturas.	
Cromo (total)	0.1	0.1	Dermatitis alérgica.	Efluentes de fábricas de acero y papel; erosión de depósitos naturales.	
Cobre	1.3	Nivel de acción=1.3; TT <sup>6</sup>	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales; percolado de conservantes de madera.	

			renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.	
Cianuro (como cianuro libre)	0.2	0.2	Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides	Efluentes de fábricas de acero y metales; efluentes de fábricas de plásticos y fertilizantes
Flúor	4.0	4.0	Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea) Los niños podrían sufrir de dientes manchados	Aditivo para agua para tener dientes fuertes; erosión de depósitos naturales; efluentes de fábricas de fertilizantes y de aluminio.
Plomo	cero	Nivel de acción=0.015; $\frac{TT^6}{TT^6}$	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión	Corrosión de cañerías en el hogar; erosión de depósitos naturales.
Mercurio (Inorgánico)	0.002	0.002	Lesiones renales	Erosión de depósitos naturales; efluentes de refinerías y fábricas; lixiviados de vertederos y tierras de cultivo.
Nitrato (medido como nitrógeno)	10	10	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitratos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir.	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.

			Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	
Nitrito (medido como nitrógeno)	1	1	Los bebés de menos de seis meses que tomen agua que contenga mayor concentración de nitritos que el NMC, podrían enfermarse gravemente; si no se los tratara, podrían morir. Entre los síntomas se incluye dificultad respiratoria y síndrome de bebé cianótico (azul).	Aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; erosión de depósitos naturales.
Selenio	0.05	0.05	Caída del cabello o de las uñas; adormecimiento de dedos de manos y pies; problemas circulatorios.	Efluentes de refinerías de petróleo; erosión de depósitos naturales; efluentes de minas.
Talio	0.0005	0.002	Caída del cabello; alteración de la sangre; trastornos renales, intestinales o hepáticos.	Percolado de plantas procesadoras de minerales; efluentes de fábricas de vidrio, productos
<b>Químicos Orgánicos</b>				
Acilamida	cero	TT <sup>7</sup>	Trastornos sanguíneos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Se agrega al agua durante el tratamiento de efluentes y de agua de alcantarillado.
Alaclor	cero	0.002	Trastornos oculares, hepáticos, renales	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.

				o esplénicos; anemia; alto riesgo de cáncer.	
Atrazina	0.003	0.003		Trastornos cardiovasculares o del sistema reproductor.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Benceno	cero	0.005		Anemia; trombocitopenia; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas; percolado de tanques de almacenamiento de combustible y de vertederos para residuos.
Benzo(a)pireno	cero	0.0002		Dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Percolado de revestimiento de tanques de almacenamiento de agua y líneas de distribución.
Carbofurano	0.04	0.04		Trastornos sanguíneos, del sistema nervioso o del sistema reproductor.	Percolado de productos fumigados en cultivos de arroz y alfalfa.
Tetracloruro de carbono	cero	0.005		Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y de otras actividades industriales.
Clordano	cero	0.002		Trastornos hepáticos o del sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Residuos de termiticidas prohibidos.
Clorobenceno	0.1	0.1		Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de plantas químicas y de plantas de fabricación de agroquímicos.
2,4-D	0.07	0.07		Trastornos renales, hepáticos o de la glándula adrenal.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas para cultivos.
Dalapon	0.2	0.2		Pequeños cambios renales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en servidumbres de paso.
1,2-Dibromo-3- cloropropano (DBCP)	cero	0.0002		Dificultades para la reproducción;	Aguas contaminadas/percolado

			alto riesgo de cáncer.	de productos fumigados en huertos y en campos de cultivo de soja, algodón y piña (ananá).
o-Diclorobenceno	0.6	0.6	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
p-Diclorobenceno	0.075	0.075	Anemia; lesiones hepáticas, renales o esplénicas; alteración de la sangre.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1,2-Dicloroetano	cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
1-1-Dicloroetileno	0.007	0.007	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
cis-1, 2-Dicloroetileno	0.07	0.07	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
trans-1,2-Dicloroetileno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Diclorometano	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas químicas y farmacéuticas.
1-2-Dicloropropano	cero	0.005	Alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Adipato de di-(2-etilhexilo)	0.4	0.4	Efectos tóxicos generales o dificultades para la reproducción	Efluentes de plantas químicas.
Ftalato de di-(2-etilhexilo)	cero	0.006	Dificultades para la reproducción; trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer	Efluentes de plantas químicas y de fabricación de goma.
Dinoseb	0.007	0.007	Dificultades para la reproducción	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas utilizados en soja y vegetales.
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	cero	0.00000003	Dificultades para la reproducción; alto riesgo de	

				cáncer	
Diquat	0.02	0.02	Cataratas	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.	
Endotal	0.1	0.1	Trastornos estomacales e intestinales.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.	
Endrina	0.002	0.002	Trastornos hepáticos.	Residuo de insecticidas prohibidos.	
Epiclorohidrina	cero	TT <sup>7</sup>	Alto riesgo de cáncer y a largo plazo, trastornos estomacales.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial; impurezas de algunos productos químicos usados en el tratamiento de aguas.	
Etilbenceno	0.7	0.7	Trastornos hepáticos o renales.	Efluentes de refinerías de petróleo.	
Dibromuro de etileno	cero	0.00005	Trastornos hepáticos, estomacales, renales o del sistema reproductor; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de petróleo.	
Glifosato	0.7	0.7	Trastornos renales; dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.	
Heptacloro	cero	0.0004	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Residuos de termiticidas prohibidos.	
Heptaclorepóxido	cero	0.0002	Lesiones hepáticas; alto riesgo de cáncer	Descomposición de heptacloro.	
Hexaclorobenceno	cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; dificultades para la reproducción; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de refinerías de metales y plantas de agroquímicos.	
Hexacloro- ciclopentadieno	0.05	0.05	Trastornos renales o estomacales.	Efluentes de plantas químicas.	

Lindano	0.0002	0.0002	Trastornos hepáticos o renales.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en ganado, madera, jardines.
Metoxicloro	0.04	0.04	Dificultades para la reproducción.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en frutas, vegetales, alfalfa, ganado.
Oxamil (Vidato)	0.2	0.2	Efectos leves sobre el sistema nervioso.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en manzanas, papas y tomates.
Bifenilospoliclorados (PCB)	cero	0.0005	Cambios en la piel; problemas de la glándula timo; inmunodeficiencia; dificultades para la reproducción o problemas en el sistema nervioso; alto riesgo de cáncer.	Agua de esorrentía de vertederos; aguas con residuos químicos.
Pentaclorofenol	cero	0.001	Trastornos hepáticos o renales; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas de conservantes para madera.
Picloram	0.5	0.5	Trastornos hepáticos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Simazina	0.004	0.004	Problemas sanguíneos.	Aguas contaminadas por la aplicación de herbicidas.
Estireno	0.1	0.1	Trastornos hepáticos, renales o circulatorios.	Efluentes de fábricas de goma y plástico; lixiviados de vertederos.
Tetracloroetileno	cero	0.005	Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de fábricas y empresas de limpieza en seco.
Tolueno	1	1	Trastornos renales, hepáticos o del sistema	Efluentes de refinerías de petróleo.

				nervioso.	
Trihalometanos totales (TTHM)	ninguno <sup>5</sup>	0.10		Trastornos renales, hepáticos o del sistema nervioso central; alto riesgo de cáncer.	Subproducto de la desinfección de agua potable.
Toxafeno	cero	0.003		Problemas renales, hepáticos o de tiroides; alto riesgo de cáncer.	Aguas contaminadas/percolado de insecticidas usados en algodón y ganado.
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05		Trastornos hepáticos.	Residuos de herbicidas prohibidos.
1,2,4- Triclorobenceno	0.07	0.07		Cambios en glándulas adrenales.	Efluentes de fábricas de textiles.
1,1,1- Tricloroetano	0.20	0.2		Problemas circulatorios, hepáticos o del sistema nervioso.	Efluentes de plantas para desgrasar metales y de otros tipos de plantas.
1,1,2- Tricloroetano	3	5		Problemas hepáticos, renales o del sistema inmunológico.	Efluentes de fábricas de productos químicos de uso industrial.
Tricloroetileno	cero	5		Trastornos hepáticos; alto riesgo de cáncer.	Efluentes de plantas para desgrasar metales y de otros tipos de plantas.
Cloruro de vinilo	cero	2		Alto riesgo de cáncer.	Percolado de tuberías de PVC; efluentes de fábricas de plásticos.
Xilenos (total)	10	10		Lesiones del sistema nervioso.	Efluentes de refineries de petróleo; efluentes de plantas químicas.
<b>Radionucleidos</b>					
Emisores de partículas beta y de fotones.	ninguno <sup>5</sup>	4 milirems por año (mrem/año)		Alto riesgo de cáncer.	Desintegración radiactiva de depósitos naturales y artificiales de ciertos minerales que son radiactivos y pueden emitir radiación conocida como fotones y radiación beta.
Actividad bruta de partículas alfa	ninguno <sup>5</sup>	15 picocurios por litro (pCi/l)		Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales de ciertos minerales que son

				radiactivos y pueden emitir radiación conocida como radiación alfa.
Radio 226 y Radio 228 (combinados)	ninguno <sup>5</sup>	5 pCi/l	Alto riesgo de cáncer.	Erosión de depósitos naturales.
<b>Microorganismos</b>				
<i>Cryptosporidium</i>	cero	TT <sup>8</sup>	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Desechos fecales humanos y de animales.
<i>Giardialambli</i>	cero	TT <sup>8</sup>	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Desechos fecales humanos y de animales.
Conteo de placas de bacterias heterotróficas (HPC)	N/A	TT <sup>8</sup>	El HPC no tiene efecto sobre la salud; es sólo un método analítico usado para medir la variedad de bacterias comúnmente encontradas en el agua. Cuanto menor sea la concentración de bacterias en el agua potable, mejor mantenido estará el sistema.	Con el HPC se determinan las diversas bacterias que hay en forma natural en el medio ambiente.
<i>Legionella</i>	cero	TT <sup>8</sup>	Enfermedad de los legionarios, un tipo de neumonía <sup>9</sup> .	Presente naturalmente en el agua; se multiplica en los sistemas de calefacción.
Coliformes totales (incluye coliformes fecales y <i>E. coli</i> )	cero	5.0% <sup>10</sup>	Por sí mismos, los coliformes no constituyen una amenaza para la salud; su determinación se usa para indicar si pudiera haber presentes otras bacterias posiblemente	Los coliformes se presentan naturalmente en el medio ambiente; los coliformes fecales y la <i>E. coli</i> provienen de heces fecales de humanos y de animales.

			nocivas <sup>11</sup> .	
Turbidez	N/A	TT <sup>8</sup>	La turbidez es una medida del enturbiamiento del agua. Se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficacia de la filtración (por ejemplo, para determinar si hay presentes organismos que provocan enfermedades). Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como por ejemplo, virus, parásitos y algunas bacterias. Estos organismos pueden provocar síntomas tales como náuseas, retortijones, diarrea y dolores de cabeza asociadas.	Agua de escorrentía por el terreno.
Virus (entéricos)	cero	TT <sup>8</sup>	Trastornos gastrointestinales (diarrea, vómitos, retortijones).	Heces fecales de humanos y de animales.

Fuente: EPA (2000).

### Notas

- Meta del Nivel Máximo del Contaminante (MNMC) Es el nivel de un contaminante en el agua potable por debajo del cual no se conocen o no se esperan riesgos para la salud. Los MNMC permiten contar con un margen de seguridad y no son objetivos de salud pública obligatorios.

- Nivel Máximo del Contaminante (NMC) - Es el máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable. Los NMC se establecen tan próximos a los MNMC como sea posible, usando para ello la mejor tecnología de tratamiento disponible y teniendo en cuenta también los costos. Los NMC son normas obligatorias.
- Técnica de Tratamiento (TT) Proceso obligatorio, cuya finalidad es reducir el nivel de un contaminante dado en el agua potable.
- Las unidades se expresan en miligramos por litro (mg/l) a menos que se indique otra cosa.
- Los MNMC se establecieron luego de la Enmienda de 1986 a la Ley de Agua Potable Segura. El estándar para este contaminante se fijó antes de 1986. Por lo tanto, no hay MNMC para este contaminante.
- El plomo y el cobre se regulan mediante una Técnica de Tratamiento que exige la implementación de sistemas que controlen el poder corrosivo del agua. El nivel de acción sirve como un aviso para que los sistemas de agua públicos tomen medidas adicionales de tratamiento si los niveles de las muestras de agua superan en más del 10 % los valores permitidos. Para el cobre, el nivel de acción es 1.3 mg/l y para el plomo es 0.015mg/l.
- Todos y cada uno de los sistemas de agua deben declarar al estado, por escrito, que si se usa acrilamida y/o epíclorhidrina para tratar agua, la combinación (o producto) de dosis y cantidad de monómero no supera los niveles especificados, a saber: acrilamida = 0.05% dosificada a razón

de 1 mg/l (o su equivalente); epíclorohidrina = 0.01% dosificada a razón de 20 mg/l (o su equivalente).

- La Regla de Tratamiento de Agua de Superficie requiere que los sistemas que usan agua de superficie o subterránea bajo influencia directa de agua de superficie, (1) desinfecten el agua y (2) filtren el agua o realicen el mismo nivel de tratamiento que aquellos que filtran el agua. El tratamiento debe reducir los niveles de *Giardialambli*a (parásito) en un 99.9% y los virus en un 99.99%. La *Legionella* (bacteria) no tiene límite, pero la EPA considera que si se inactivan la *Giardia* y los virus, la *Legionella* también estará controlada. En ningún momento la turbidez (enturbiamiento del agua) puede superar las 5 unidades nefelométricas de turbidez ("NTU") [los sistemas filtrantes deben asegurar que la turbidez no supera 1 NTU (0.5 NTU para filtración convencional o directa) en al menos el 95% de las muestras diarias de cualquier mes]; HPC- no más de 500 colonias por mililitro.
- La Enfermedad de los Legionarios se produce cuando las personas susceptibles inhalan un aerosol que contiene *Legionella*, no cuando se bebe agua que contiene *Legionella*. (Las duchas, grifos de agua caliente, jacuzzis y equipos de enfriamiento, tales como torres de enfriamiento y acondicionadores de aire, producen aerosoles). Algunos tipos de *Legionella* pueden provocar un tipo de neumonía llamada Enfermedad de los Legionarios. La *Legionella* también puede provocar una enfermedad mucho menos grave llamada fiebre Pontiac. Los

síntomas la fiebre Pontiac pueden incluir: dolores musculares, cefaleas, tos, náuseas, mareos y otros síntomas.

- En un mes dado, no pueden detectarse más de 5.0% de muestras con coliformes totales positivas. (Para sistemas de agua en los que se recogen menos de 40 muestras de rutina por mes, no puede detectarse más de una muestra con coliformes totales positiva). Toda muestra que presente coliformes totales debe analizarse para saber si presenta *E. coli* coliformes fecales, a fin de determinar si hubo contacto con heces fecales humanas o de animales (coliformes fecales y *E. coli* son parte del grupo de coliformes totales).
- Coliformes fecales y *E. coli* son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces, causan diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos (EPA, 2000).

En el Cuadro 3 podremos observar los estándares de la calidad del agua potable en los países de América, los cuales nos indican los parámetros microbiológicos que deben tener las aguas que serán potabilizadas (TUQUE, 2006).

Cuadro 3. Estándares de calidad de agua potable en los países de América

Parámetro	Unidad	OMS	Arg	Bol	Bra	Col	Chi	Ecu	Mex
Año		1994	1995	1997	1990	1998	1984	1992	1994
Origen		Valores guía	Código alimentario	IBNOR CA NB512	Port a-ria-36-GM	DEC 475/98	NCH 409/1	IEOS	NGO 29001
<b>Microbiológicos</b>									
Coli fecales o E. coli	UFC/100 mL	0	0	0	0	0	0	-	0
Coliformes totales	UFC/100 mL	0	3	0	0	1	1	1	2
Bact. Heterotroficas	UFC/mL	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: TRUQUE (2006).

## 2.6. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

El decreto supremo N° 002-2008-MINAM, aprueba los estándares nacionales de calidad de agua que lo mostramos en el Cuadro 4, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor.

Cuadro 4. Estándares nacionales de calidad de agua. Categoría 1. Poblacional y recreacional

Parámetro	Unidad	Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable		
		A1	A2	A3
		aguas que pueden ser potabilizada con desinfección	aguas que pueden ser potabilizada con tratamiento convencional	aguas que pueden ser potabilizadas con tratamientos avanzadas

		Valor	Valor	Valor
<b>Físicos y químicos</b>				
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1	1
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.022	0.022
Cianuro Wad	mg/L	0.08	0.08	0.08
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200
Conductividad	us/cm	1500	1600	**
D.B.O	mg/L	3	5	10
D.Q.O	mg/L	10	20	30
Dureza	mg/L	500	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.5	0.5	Na
Fenoles	mg/L	0.003	0.01	0.1
Fluoruros	mg/L	1	**	**
Fosforo Total	mg/L P	0.1	0.15	0.15
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**
Nitratos	mg/L N	10	10	10
Nitritos	mg/L N	1	1	1
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1.5	2	3.7
Olor		Aceptable	**	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=6	>=5	>=4
Ph	unidad de pH	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	**	**
Sulfuros	mg/L	0.05	**	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>Inorgánicos</b>				
Aluminio	mg/L	0.2	0.2	0.2
Antimonio	mg/L	0.006	0.006	0.006
Arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.05
Bario	mg/L	0.7	0.7	1
Berilio	mg/L	0.004	0.04	0.04
Boro	mg/L	0.5	0.5	0.75
Cadmio	mg/L	0.003	0.003	0.01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	0.05

Cromo VI	mg/L	0.05	0.05	0.05
Hierro	mg/L	0.3	1	1
Manganeso	mg/L	0.1	0.4	0.5
Mercurio	mg/L	0.001	0.002	0.002
Niquel	mg/L	0.02	0.025	0.025
Plata	mg/L	0.01	0.05	0.05
Plomo	mg/L	0.01	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.01	0.05	0.05
Uranio	mg/L	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/L	0.1	0.1	0.1
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>Microbiológico</b>				
Coliformestermotolerantes (44.5 °C)	NMP/100 mL	0	2000	20000
Coliformes totales (35 - 37°C)	NMP/100 mL	50	3000	50000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0	
EscherichiaColi	NMP/100 mL	0	0	
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0	
GiardiaDuodenalis	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Vibrio Cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental para Agua (2008).

## 2.7. Requisitos de calidad del agua para consumo humano

- Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

- Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichiacoli,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y quistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C

- Artículo 61°.- Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el Plan de Control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

- Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en el Anexo III del presente Reglamento.

- Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichiacoli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal (MINSA, 2010).

## **2.8. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos**

El Reglamento da los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable, lo que se muestra en el Cuadro 5; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano", tarea que el 26/09/2010, a través del D.S. N° 031-

2010-SA, se vio felizmente culminada (DECRETO SUPREMO N° 031-2010-SA, 2010).

Cuadro 5. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Parámetros	Unidad de Medida	Límites Máximo Permisibles
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44.5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44.5 °C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmitos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nematodos, en todo sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano (DECRETO SUPREMO

N° 031-2010-SA, 2010).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Zona de estudio**

##### **3.1.1. Ubicación de la investigación**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el sector Polvoraico, en la laguna de Andiviela, en las pozas aledañas que los pobladores las utilizan para actividades domésticas. Ubicado políticamente en el departamento de San Martín, provincia de San Martín, distrito de Morales y sector Polvoraico, ubicado geográficamente con coordenadas UTM (E: 339257 y N: 9279066); a una altitud de 636 m.s.n.m

##### **3.1.2. Características ambientales**

La zona en estudio de acuerdo al mapa ecológico y el sistema de Holdridge, corresponde a la formación de bosque húmedo - pre montano tropical (Bh – pt), con una temperatura promedio anual de 26° C; la humedad relativa de la provincia de San Martín se mantiene entre 75% y 85%, variando de acuerdo a las temporadas de precipitaciones y nivel de evapotranspiración.

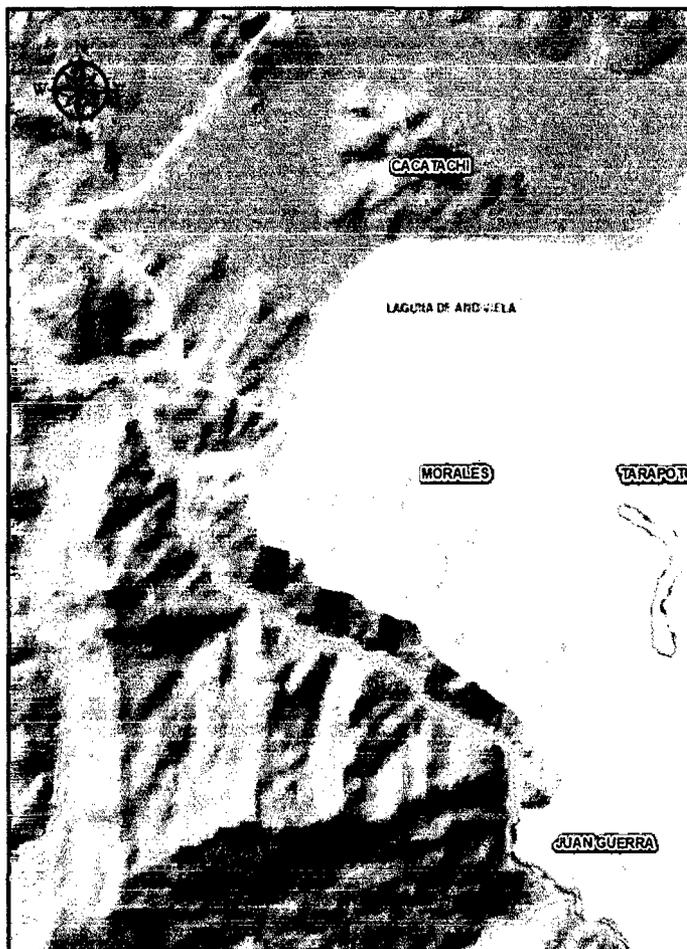


Figura 1. Ubicación de la laguna de Andivieles

### 3.1.3. Uso potencial del suelo

El distrito de Morales muestran limitaciones en sus propiedades físicas por la dificultad en el manejo del suelo, presentando textura pesada a muy pesada, buena profundidad y topografía plana a ondulada, siendo su permeabilidad el factor limitante, estos suelos presentan una buena fertilidad natural, del mismo modo gran parte de esta área se encuentra beneficiada por la presencia del canal de riego Cumbaza.

#### **3.1.4. Zonas de vida**

El área en estudio está comprendida dentro de un clima Tropical Húmedo, caracterizado por presentar bosque húmedo - pre montano tropical (Bh – pt), según la clasificación (HOLDRIDGE, 1987).

#### **3.1.5. Clima**

El Distrito de Morales se encuentra a una altura aproximada de 356 msnm, perteneciendo de esta manera a la majestuosa Selva Alta. El clima del distrito de Morales el clima es semiseco, sin exceso de agua durante todo el año, cálido con baja concentración térmica en verano, con una temperatura promedio anual de 26° C; la humedad relativa de la provincia de San Martín se mantiene entre 75% y 85%, variando de acuerdo a las temporadas de precipitaciones y nivel de evapotranspiración (SENAMHI, 2011).

#### **3.1.6. Relieve**

El relieve de la ciudad del Distrito de Morales es accidentado; entre los ríos Cumbaza y Shilcayo existe una pendiente que varía entre 2.5% y el 5%, en el sentido noroeste-sureste; en el distrito de la Banda de Shilcayo, en el sentido sureste-noreste, la pendiente varía alrededor del 7% (MINCETUR, 2011).

El suelo es de composición limo arcilloso, con lentes de conglomerados, con capacidad portante de 1 Kg. /cm<sup>2</sup>, la ciudad se encuentra en la zona "I" de una región sísmica (MINCETUR, 2011).

### **3.1.7. Accesibilidad**

La vía de acceso principal a la zona de trabajo es a través de la carretera Fernando Belaunde Terry, vía asfaltada Morales – Lamas, con dirección al puente Atumpampa, a 30 minutos de recorrido en vehículo motorizado (MINCETUR, 2011).

### **3.1.8. Materiales y equipos**

#### **a. Materiales de campo**

Libreta de apuntes, balde de plástico de 20, 50 ,140 y 150 lt., bolsas plásticas, etiquetas de papel, cinta de embalaje, costales, alambre de aluminio, machete, pala derecha, botellas de vidrios esterilizados de 500 ml para muestrear agua.

#### **b. Materiales de laboratorio**

Probeta de 100 ml, Tubos de ensayo, pipetas, placa petri, agares y caldos de enriquecimientos.

#### **c. Equipos de campo**

Cámara fotográfica, GPS

#### **d. Equipos de laboratorio**

Balanza gramera, Estufa, pH metro.

### **3.2. Metodología**

#### **3.2.1. Unidades de estudio**

Se utilizaron 4 recipientes cerrados de 240 litros, conteniendo en su interior 150 litros de agua del sector Polvoraico, los cuales serán las unidades de estudios.

#### **3.2.2. Preparación de los microorganismos eficientes (ME) anaeróbico y aeróbico**

##### **3.2.2.1. Microorganismos eficientes (ME) anaeróbico**

Cuatro sacos de Mulch, mantillo o cubierta de bosque virgen se mezclan con los 1 sacos de polvillo de arroz, para posteriormente mezclarlo con 2 galones melaza disuelta en agua tibia, hasta conseguir una masa compacta y se puede comprobar tomando una pequeña muestra en el puño, donde al darle un apretón no haya residuos líquidos. Luego en un recipiente cerrado herméticamente de 50 galones se procede a apelmazar la masa, por un lapso de 30 días.

##### **3.2.2.2. Microorganismos eficientes (ME) aeróbicos**

Lo restante de la mezcla preparada en el procedimiento anterior, se llevará a un lugar adecuado a temperatura ambiente, tomando las

precauciones necesarias para protegerles de las lluvias y manteniéndole cubierto con plástico por el lapso de 8 días (voltear diariamente la mezcla).

### **3.2.3. Activación de los microorganismos eficientes(ME)**

Según REBOREDA, 2012 para la activación se disuelven 8 litros de melaza en 92 litros de agua en un recipiente cerrado herméticamente, luego en un costalillo se coloca 4 kilos de EM anaeróbico con 1 kilo de EM aeróbico, para posteriormente ser colocado en el recipiente por un lapso de 5 días, donde se obtendrá como producto final un caldo que contiene los microorganismos eficientes (*Rodhopseudomonas, palustris, Lactobacillus*sp, *Saccharomyces*sp).

### **3.2.4. Microorganismos eficientes (ME) activados en las unidades de estudios**

En diferentes costalillos se depositarán 200, 400, 600 y 1000 gramos de carbón vegetal molido, se procede a cerrar el costalillo para ser sumergido en el recipiente donde se encuentra los ME activados y finalmente se colocará en las unidades de estudios (cada unidad de estudio contiene 150 litros) (REBOREDA, 2012).

### **3.2.5. Tratamientos**

La cantidad de carbón vegetal a emplearse se muestra en el Cuadro 6, que es de 200, 400, 600 y 1000 gramos, para luego ser colocado en recipientes que contienen 140 litros de agua extraídos del sector de Polvoraico,

para posteriormente ser analizados en el laboratorio referencial de San Martín. Se realizaron 5 tratamientos contando el testigo, con 4 repeticiones, haciendo un total 20 evaluaciones.

Cuadro 6. Aplicaciones en las unidades de estudio

Tratamientos	Aplicaciones
T0	Testigo (sin aplicación de los ME)
T1	200 gramos de carbón vegetal + ME activados
T2	400 gramos de carbón vegetal + ME activados
T3	600 gramos de carbón vegetal + ME activados
T4	1000 gramos de carbón vegetal + ME activados

### 3.2.6. Parámetros biológicos

Se recogió una muestra de agua inicialmente, para poder identificar las condiciones que posee dicha agua, posteriormente cada unidad de estudio con sus respectivos tratamientos. En la tesis "Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica", la tesista hizo evaluaciones periódicas de 0, 10, 30 y 45 días, donde a partir del décimo día hubo una disminución significativa de coliformes fecales que se aprecia en el cuadro 7, por tal motivo se vio por conveniente hacer los análisis en el laboratorio referencial de San Martín (MINSa) a los 24 días de haber aplicado los tratamientos. En el siguiente cuadro mostramos los parámetros a analizar, sin embargo dicho laboratorio no cuenta con los equipos e instrumentos necesarios para el análisis del parámetro de *Vibrio cholerae*, *Giardia duodenalis*; como estipulan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (D.S N° 002-2008-MINAM), en la categoría I (Poblacional y

recreacional) respecto a los parámetros microbiológicos y el reglamento de la Calidad del agua para consumo humano (Anexo I).

Cuadro 7. Parámetros a analizar en el laboratorio referencial de San Martín

Microbiológico	Unidad	Métodos
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	NMP/1000 mL	Método estandarizado de fermentación de tubos múltiples APHA. AWWW. WEF. Part. 9221B. 21th ed. 2005
Coliformes Totales (35 - 37°C)	NMP/1000 mL	Método estandarizado de fermentación de tubos múltiples APHA. AWWW. WEF. Part. 9221E-1. 21th ed. 2005
Escherichiacoli	NMP/1000 mL	Método estandarizado de fermentación de tubos múltiples APHA. AWWW. WEF. Part. 9221F-1. 21th ed. 2005
Salmonella	Presencia/100 mL	Método horizontal para detección de Salmonella spp. ISO-6579-2002/Cor. 1:2004

### 3.2.7. Análisis de los microorganismos eficientes activados

Para la verificación de la metodología empleada, se realizó el análisis en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para identificar básicamente dos tipos de bacterias (*Rodhospseudomonas palustris*, *Lactobacillus sp*) y un tipo de levadura (*Saccharomyces sp*), que son los tres microorganismos fundamentales que se cultivaron con éxito.

### 3.2.8. Análisis estadístico

El diseño estadístico aplicado fue un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos

#### 3.2.8.1. Modelo aditivo lineal (DCA).

El modelo estadístico aditivo lineal empleado fue:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

- $Y_{ij}$  : Es el valor obtenido en la unidad experimental correspondiente al  $j$  - ésimo tratamiento a la cual se le aplicó el  $i$  - ésimo dosis de carbón vegetal con ME activados.
- $\mu$  : Es el efecto de la media general.
- $t_i$ : Es el efecto del  $i$  - ésimo dosis de de carbón vegetal con ME activados.
- $\varepsilon_{ij}$  : Es el efecto aleatorio del error experimental obtenido en la unidad experimental correspondiente al  $j$  - ésimo tratamiento a la cual se le aplicó el  $i$  - ésimo dosis de carbón vegetal con EM activados.

**Dónde:**

- $i = 0, 1, 2, 3, 4$ , dosis de carbon vegetal con ME activados  
 $j = 1, 2, 3, 4$  repeticiones

En el Cuadro 8 se muestra el análisis de variancia que se realizó en el trabajo de investigación

Cuadro 8. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de variabilidad	Grado de libertad
Tratamientos	5
Error experimental	15
Total	19

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza que se realizó en el trabajo de investigación.

Cuadro 9. Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tratamientos	$t - 1$	$ST - e$	$SC_{trat}/GL_{tra}$	$CM_{trat}/CM_e$	
Error	$t(r - 1)$	$SCT - SC_{trat}$	$SC_{error}/GL_e$		
Total	$t.r - 1$				

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Microorganismos eficientes utilizados en los tratamientos

En el Cuadro 10 del presente trabajo de investigación se presentan los microorganismos eficientes usados en los tratamientos del agua.

Cuadro 10. Microorganismos eficientes presentes en los tratamientos de agua

Microorganismos	Presencia	Ausencia
<i>Rodhospseudomonas palustris</i>	No	Si
<i>Lactobacillus sp</i>	Si	No
<i>Saccharomyces sp</i>	Si	No

#### 4.1.1. *Rodhospseudomonas palustris*

En el Figura 2 se muestra que no hubo crecimiento de colonias

*Rodhospseudomonas palustris*



Figura 2. No presentó crecimiento de colonias de *Rodhospseudomonas palustris*

#### 4.1.2. *Lactobacillus sp*

En la Figura 3 se muestra que hubo crecimiento de colonias *Lactobacillus sp*.



Figura 3. Crecimiento de colonias de *Lactobacillus sp*.

#### 4.1.3. *Saccharomyces sp*

En la Figura 4 se muestra que hubo crecimiento de colonias *Saccharomyces sp*.



Figura 4. Crecimiento de colonias de *Saccharomyces sp*.

## 4.2. Evaluación de parámetros biológicos de cuatro dosis de ME

### 4.2.1. Testigo

En el cuadro 11 se muestra la calidad del agua sin tratamiento que se realizó en el trabajo de investigación.

Cuadro 11. Calidad del agua sin tratamiento

Muestra	Coliformes totales 35°C (NMP/100 MI)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 MI)	E. coli 44.5°C (NMP/100 MI)	Salmonella sp. en 100 ml
T1 - A	11000	1100	1100	Ausencia
T1 - B	11000	1100	1100	Ausencia
T1 - C	11000	1100	1100	Ausencia
T1 - D	5400	5400	1700	Ausencia
T2 - A	11000	1100	1100	Ausencia
T2 - B	11000	1100	1100	Ausencia
T2 - C	11000	1100	1100	Ausencia
T2 - D	5400	5400	1700	Ausencia
T3 - A	11000	1100	1100	Ausencia
T3 - B	11000	1100	1100	Ausencia
T3 - C	11000	1100	1100	Ausencia
T3 - D	5400	5400	1700	Ausencia
T4 - A	11000	1100	1100	Ausencia
T4 - B	11000	1100	1100	Ausencia
T4 - C	11000	1100	1100	Ausencia
T4 - D	5400	5400	1700	Ausencia

### 4.2.2. Evaluación a 200 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activado

La calidad del agua que fue tratada con carbón vegetal (200 gr) se muestra en el Cuadro 12

Cuadro 12. Calidad del agua al ser tratada con 200 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activado

Muestra	Coliformes totales 35°C (NMP/100 MI)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 MI)	E. coli 44.5°C (NMP/100 MI)	Salmonella sp. en 100 ml
T1 - A	2200	<1.8	<1.8	Ausencia
T1 - B	7000	2200	<1.8	Ausencia
T1 - C	78	20	<1.8	Ausencia
T1 - D	140	23	23	Ausencia

#### 4.2.3. Evaluación a 400 gr de carbón vegetal más ME activado

La calidad del agua que fue tratada con carbón vegetal (400 gr) se muestra en el Cuadro 13

Cuadro 13. Calidad del agua al ser tratada con 400 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activados

Muestra	Coliformes totales 35°C (NMP/100 MI)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 MI)	E. coli 44.5°C (NMP/100 MI)	Salmonella sp. en 100 ml
T2 - A	78	20	<1.8	Ausencia
T2 - B	1100	68	<1.8	Ausencia
T2 - C	<1.8	<1.8	<1.8	Ausencia
T2 - D	540	540	110	Ausencia

#### 4.2.4. Evaluación a 600 gr de carbón vegetal más ME activado

La calidad del agua que fue tratada con carbón vegetal (400 gr) se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Calidad del agua al ser tratada con 600 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activados

Muestra	Coliformes totales 35°C (NMP/100 MI)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 MI)	E. coli 44.5°C (NMP/100 MI)	Salmonella sp. en 100 ml
T3 - A	<1.8	<1.8	<1.8	Ausencia
T3 - B	170	<1.8	<1.8	Ausencia
T3 - C	130	130	<1.8	Ausencia
T3 - D	7.8	4.5	4.5	Ausencia

#### 4.2.5. Evaluación a 1000 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activado

El Cuadro 15 del análisis de varianza de la población de coliformes totales (NMP/100 MI), nos indica que para este parámetro que existe alta significancia entre los tratamientos, por ser el F calculado superior al F tabulado al 0.01 y al 0.05; en cuando a grado de confiabilidad ( $R^2$ ) nos indica un 84.98% de confiabilidad, por lo tanto el modelo aplicado es el adecuado para describir, la relación que existe entre las variables; y el coeficiente de variabilidad en un 79.79%, que nos indica que existe heterogeneidad de las poblaciones de coliformes totales entre las repeticiones de los tratamientos, es decir la frecuencia de la población no es la misma entre las repeticiones de los tratamientos y el promedio de la población de coliformes totales encontrados en agua de Andiviela en el experimento es de 1916.96 coliformes totales(NMP/100 MI).

Cuadro 15. Calidad del agua al ser tratada con 1000 gr de carbón vegetal más microorganismos eficientes activado

Muestra	Coliformes totales 35°C (NMP/100 MI)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 MI)	E. coli 44.5°C (NMP/100 MI)	Salmonella sp. en 100 ml
T4 - A	<1.8	<1.8	<1.8	Ausencia
T4 - B	110	20	<1.8	Ausencia
T4 - C	210	210	<1.8	Ausencia
T4 - D	70	70	33	Ausencia

### 4.3. Evaluación de microorganismos eficientes más adecuado para el tratamiento de aguas

#### 4.3.1. Coliformes Totales

El Cuadro 16 del análisis de varianza de la población de coliformes totales (NMP/100 MI), nos indica que para este parámetro que existe alta significancia entre los tratamientos, por ser el F calculado superior al F tabulado al 0.01 y al 0.05; en cuando a grado de confiabilidad ( $R^2$ ) nos indica un 84.98% de confiabilidad, por lo tanto el modelo aplicado es el adecuado para describir, la relación que existe entre las variables; y el coeficiente de variabilidad en un 79.79%, que nos indica que existe heterogeneidad de las poblaciones de coliformes totales entre las repeticiones de los tratamientos, es decir la frecuencia de la población no es la misma entre las repeticiones de los tratamientos y el promedio de la población de coliformes totales encontrados en agua de Andiviela en el experimento es de 1916.96 coliformes totales (NMP/100 MI).

Cuadro 16. Análisis de varianza de la población de Coliformes Totales (NMP/100 MI).

F de V	Gl	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F	Significancia
Tratamientos	4	198697536	49674384	21.23	< 0.0001	**
Error	15	35098089.70	2339872.65			
Total	19	233795626				

**R<sup>2</sup>: 84.98%**

**C.V. :79.79%**

**X: 1916.96 Coliformes Totales (NMP/100 MI)**

En la Figura 5 de la prueba de Duncan (al 0.05), para la población promedio de *Coliformes Totales* (NMP/100 MI), nos muestra que en el agua de Andiviela sin aplicación de tratamientos, existe un promedio de 8200 *Coliformes Totales* (NMP/100 MI), al comparar con la aplicación de Carbón vegetal más EM activado las poblaciones descienden drásticamente. En general los tratamientos de aplicación de carbón vegetal más el EM activado, reducen drásticamente la población de *Coliformes totales* numérica y estadísticamente. En el gráfico también se puede apreciar que con el tratamiento 3 (600 g de Carbón vegetal más EM activado), se obtiene el promedio más bajo de población de *Coliformes totales* siendo de 77 NMP/100 MI.

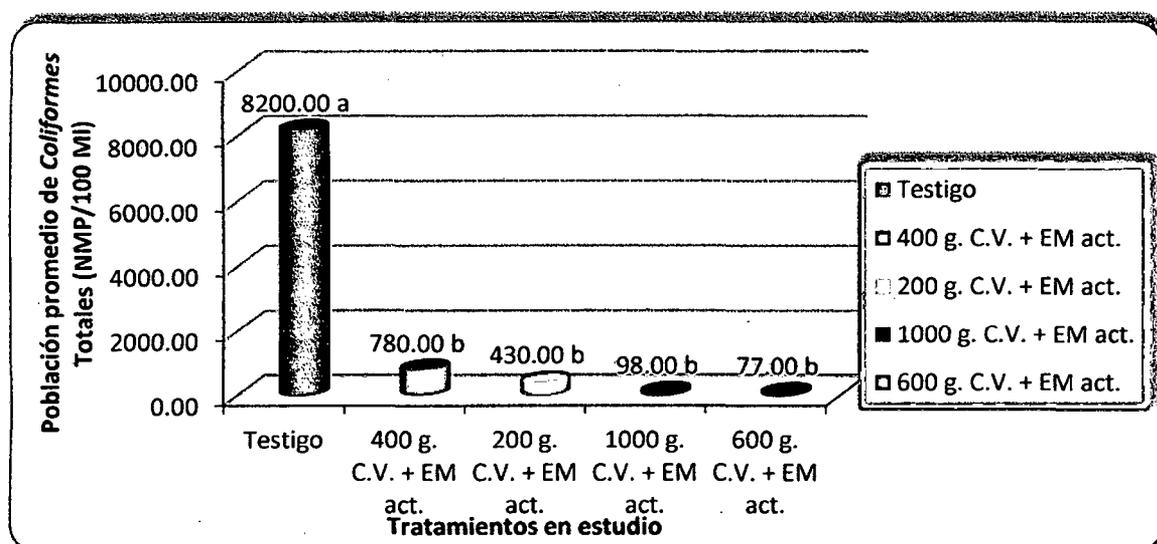


Figura 5. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de *Coliformes Totales* (NMP/100 MI).

#### 4.3.2. Coliformes termotolerantes

En el Cuadro 17, de análisis de varianza de la población de coliformes termotolerantes (NMP/100 MI), nos indica que existe significancia entre los tratamientos por ser el F calculado mayor al 0.01 y menor al 0.05, el coeficiente de determinación para el experimento nos resulta con un 49.81%, indicando que el modelo aplicado para el experimento no explica la influencia de los tratamientos sobre la población de coliformes termotolerantes, por lo que solo se mejoramos el 49.81% la reducción de la población de coliformes termotolerantes, el coeficiente de variabilidad del diseño es de 193.48% lo que indica que los entre los datos obtenidos de población de coliformes termotolerantes existe alta heterogeneidad, es decir la ocurrencia de estos en varía en cada repetición y tratamiento.

Cuadro 17. Análisis de varianza de la población de coliformes termotolerantes (NMP/100 MI).

F de V	Gl	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F	Significancia
Tratamientos	4	14032171	3508042.74	3.72	0.0269	*
Error	15	14135558.97	942370.598			
Total	19	28167729.9				

**R<sup>2</sup>: 49.81%**

**C.V. :193.48%**

**X: 501.725 coliformes termotolerantes (NMP/100 MI).**

En la Figura 6 de la prueba de Duncan al 0.05 para la población promedio de coliformes termotolerantes (NMP/100 MI), no indica que existe diferencia estadística significativa. El testigo según el grafico tiene un promedio de 2175 coliformes termotolerantes (NMP/100 MI), promedio superior a los demás tratamientos lo que muestra que la aplicación de Carbón vegetal más EM activado reduce las poblaciones de coliformes termotolerantes, siendo el promedio más bajo de 34.50 coliformes termotolerantes (NMP/100 MI), logrado con el tratamiento 3 que fue la aplicación de 600 g de carbón vegetal más EM activado.

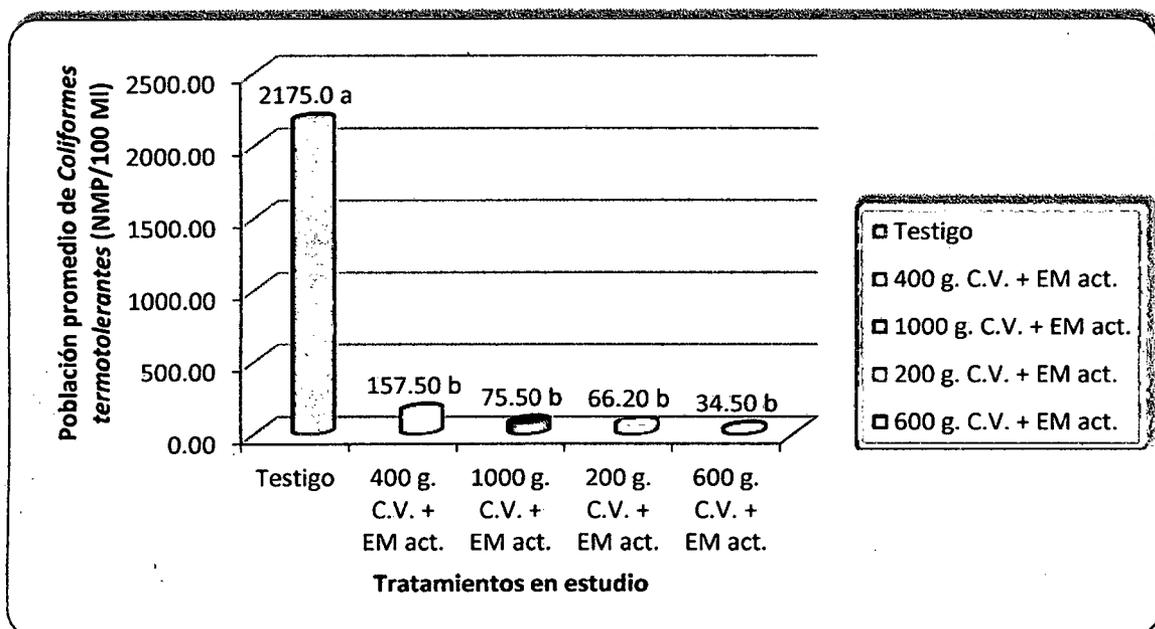


Figura 6. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de coliformes termotolerantes (NMP/100 MI).

#### 4.3.3. *Escherichia coli*

En el Cuadro 18, el análisis de varianza para las poblaciones de *Escherichia coli* (NMP (100MI), nos indica que existe una alta significancia entre los tratamientos del experimento, siendo el F calculado superior al 0.01 y al 0.05, lo que indica que existe variabilidad entre las medias de tratamientos. También observamos que se tiene un grado de confiabilidad del diseño en un 94.60%, el cual indica que es adecuado para explicar el comportamiento de la variable en estudio. En cuanto al coeficiente de variabilidad es de 52.61%, indicando que los datos obtenidos de las poblaciones son diferentes entre las repeticiones de los tratamientos teniendo diferencias poco cercanas al promedio de cada tratamiento.

Cuadro 18. Análisis de varianza de la población de *Escherichia coli* (NMP/100 MI).

F de V	Gl	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > F	Significancia
Tratamientos	4	4906028.95	1226507.24	65.74	<0.0001	**
Error	15	279853.06	18656.8705			
Total	19	5185882.01				

**R<sup>2</sup>: 94.60%**

**C.V. :52.61%**

**X: 259.605 *Escherichia coli* (NMP/100 MI)**

En la Figura 7 nos muestra que existe una gran diferencia numérica y estadística entre el testigo y los tratamientos con aplicación de carbón vegetal más EM activado. Existiendo una población promedio de 1250 NMP/100MI de *Escherichia coli* en el agua de Andiviela. Entre los tratamientos aplicados en el experimento existe diferencia numérica pero igualdad estadística. Al realizar la aplicación de los tratamientos se observa que con el tratamiento 3 se reduce la población a un promedio de 2.48 NMP/100 MI de *Escherichia coli*; obteniendo una reducción porcentual de 80.16% respecto al testigo

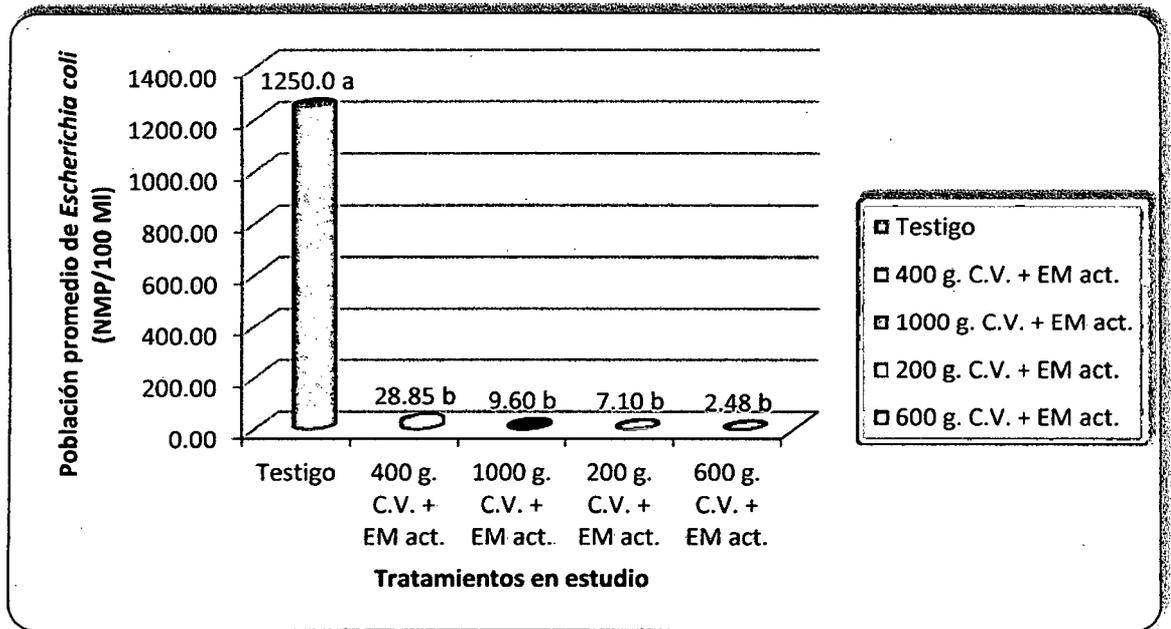


Figura 7. Prueba de Rango Múltiples de Duncan (al 0.05), para la población promedio de *Escherichia coli* (NMP/100 MI).

## V. DISCUSIÓN

En los análisis realizados en el laboratorio de Microbiología en la Universidad Agraria de la Selva, se identificaron colonias de *Lactobacillus sp* (bacterias) y colonias de *Saccharomyces sp* (levadura) como se muestra en la figura 3 y figura 4, según REBOREDA (2011), los microorganismos eficientes se constituyen básicamente en dos bacterias (*Pseudomonas palustris*, *Lactobacillus sp*) y una levadura *Saccharomyces sp*; al identificar la presencia de *Lactobacillus sp* y *Saccharomyces sp* en el caldo que contiene el ME activado, podemos aceptar la disminución de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, siendo el más eficaz, el tratamiento 3 (600 gramos de CV + ME), teniendo una reducción promedio de población con respecto al testigo respectivamente de 8123 NMP/100 ML (figura 5), 2140.5 NMP/100 ML (figura 6) y 1247.52 NMP/100 ML (figura 7); los resultados satisfactorios se le puede atribuir según REBOREDA (2011), al ácido láctico, siendo un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica.

Según EL REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO en el anexo I (Límites máximos permisibles de parámetros microbiológico y parasitológico), en coliformes totales en el análisis aplicando la técnica NMP por tubos múltiples  $\leq 1.8/100$  ML, nos percatamos

que el resultado más bajo, con lo que respecta a coliformes totales, es el tratamiento 3 (600 gramos de CV + ME), siendo su promedio de 77 NMP/100 ML, estando por encima del resultado recomendado, pero obteniendo una disminución considerable respecto al testigo (8200 NMP/100 ML), en los coliformes termotolerantes el resultado más bajo fue el del tratamiento 3 (600 gramos de CV + ME), teniendo un promedio de 34.50 NMP/100 ML, también estando por encima del valor recomendado (1.8/100 ML); según la OMS (2011), la *Escherichia coli* es el indicador de contaminación fecal más preciso, el recuento de bacterias coliformes termotolerantes es una opción aceptable. Las bacterias coliformes totales no son indicadores aceptables de la calidad sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua, sobre todo en zonas tropicales.

Los resultados obtenidos de *Escherichia coli* en el cuerpo de agua, fueron: en el cuadro 18 se tiene un grado de confiabilidad del diseño en un 94.60%, el cual indica que es adecuado para explicar el comportamiento de la variable en estudio y en la figura 07 se observa que con la aplicación del tratamiento 3 (600 gramos de CV + ME activados), fue el más óptimo, reduciéndose la población a un promedio de 2.48 NMP/100 ML de *Escherichia coli*, ciertamente los resultados planteados para el estudio de investigación han sido favorables, pero no olvidando que no fueron considerados los análisis físicos y químicos; en especial esta laguna está en un proceso de eutrofización, conteniendo mucha materia orgánica, la cual después de 22 días de aplicado el tratamiento trasciende olores desagradables y la agrupación, en pequeñas de mantas de materia orgánica, que se sedimentaban por acción de la gravedad y

en muchas de ellas se formó una capa en la parte superior que al momento de muestrear el agua fueron removidas.

Según GARCÍA Y CARDONA (2010), en los resultados de la evaluación de su proyecto de tesis "Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de agua residual doméstica", tuvieron una disminución significativa de las densidades poblacionales de coliformes fecales al 10 día, por ese motivo en la metodología se planteó el análisis del agua en el laboratorio referencial de San Martín, a los 22 días después de aplicada el carbón activado más ME activados y los olores desagradables según DIGESA en la GESTA DEL AGUA, referente a los parámetros organolépticos, el olor se reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable (y de los alimentos preparados en ella) que pueda corromperse con la presencia de peces y otros organismos acuáticos y compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones, esto se pudo comprobar por la abundancia del fango presente en el agua del pozo aledaño a la laguna de Andiviela.

## VI. CONCLUSION

1. Se identificó la presencia de microorganismos eficientes, como la bacteria *Lactobacillus sp* y la levadura *Saccharomyces sp*
2. El parámetro microbiológico más representativo fue la presencia de *Escherichia coli*, que se evaluó en todo los tratamientos, obteniendo como resultado <1.8 NMP/100 ML, a excepción del tratamiento 4 (100 gramos de carbón vegetal más microorganismos eficientes)
3. Se determinó la dosis optima en 600 gramos de carbón vegetal más microorganismos eficientes (ME), teniendo una reducción porcentual de 80.16% respecto al testigo

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Antes de aplicar los microorganismos eficientes se debería remover toda materia orgánica del cuerpo de agua a tratar.
2. Tener en cuenta la influencia de otros parámetros como pH, OD, DQO, DBO5 y dureza.
3. Evaluar los parámetros en diferentes periodos de tiempo y diferentes estratos de los niveles de agua

## VIII. ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of efficient microorganisms on water quality Polvoraico sector, Morales district, province of San Martin. The methodology is based on the development of a liquid containing efficient microorganisms for subsequent treatment of four sample units of 150 liters (200, 400, 600 and 1000 gr. Activated charcoal + ME) and water sampling after 22 days to determine the most probable number of coliform, total and thermotolerant coliform *Escherichia coli* and identification of the presence of efficient consortium of microorganisms such as bacteria, *Rodhospseudomonas palustris* *Lactobacillus* sp *Saccharomyces* sp. We identified the presence of efficient microorganisms, such as *Lactobacillus* bacteria and yeast *Saccharomyces* spsp more representative the microbiological parameter was the presence of *Escherichia coli*, which was evaluated in all the treatments, resulting <1.8 and dose NMP/100ml optimal treatment was three with 600 grams of activated charcoal over ME, taking a percentage reduction of 80.16% compared to the control

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDONA Y GARCIA. A, 2008. Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM®) sobre la calidad de agua residual doméstica. Facultad de ciencias. Carrera de microbiología industrial. Bogotá. Colombia.
- DS-N°002-2008-MINAM. Aprueban los Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. [En línea]: EM, ([http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=102:estandares-ambientales&catid=22:biodiversidad](http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=102:estandares-ambientales&catid=22:biodiversidad), 30 Nov. 2011)
- ECO TECNOLOGIAS, 2011. Aguas residuales [En línea]: EM, (<http://www.tecnologiaem.com/trat-aguas-reciduales.html>, 30 Nov. 2011).
- ECXEL WATER TECHNOLOGIES, 2007. Estándares de calidad del agua potable [En línea]: [http://www.excelwater.com/spa/b2c/about\\_6.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/about_6.php), 30 Nov. 2011).
- EPA, 2000. Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. [En línea]:<http://water.epa.gov/drink/agua/estandares.cfm>
- FER WAT, 2009. Manual planta de tratamiento [En línea]: [http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/285325011/07-1-25749/DA\\_PROCESO\\_07-1-25749\\_285325011\\_304356.pdf](http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/DA/285325011/07-1-25749/DA_PROCESO_07-1-25749_285325011_304356.pdf)

- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto JimenezSaa. 20p.
- METCALF y EDDY. 2004. Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y reutilización. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.
- MINCETUR, 2011. Datos generales de la región San Martín. [En línea]: <http://www.mincetur.gob.pe/turismo/producto/sanmartinpdf>.
- MINSA, 2010. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Dirección General de Salud Ambiental. Lima. Perú. 45 pág.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2011. Aspectos Microbiológicos. [En línea]: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)
- REBOREDA, 2012. Microorganismos ME. [En línea]: <http://www.reboreda.es/Documentos/Microorganismos%20del%20EM%20explicaci%C3%B3n.pdf>.
- SENAMHI. 2011. Datos climatológico de la provincia de San Martín. [En línea]: <http://www.senamhi.gob.pe>
- TRUQUE, P. 2006. Armonización de los Estándares de Agua Potable en las Américas. [En línea]: <http://www.oas.org/dsd/publicationsclassifications/EstandaresAguaPotable.pdf> Armoniz.
- VIVANCO, 2003. Elaboración de EM bokashi, y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en zapotillo. Universidad Nacional de Loja. Área de

Agropecuario y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de  
Ingeniería Agronómica. Loja. Ecuador. 75pp.

## **X. ANEXOS**

## 10.1. Galería de Imágenes



Figura 8. Recolección de muestra de agua en el pozo



Figura 9. Microorganismos eficientes cultivados en medio aeróbico



Figura 10. Microorganismos eficientes cultivados en medio anaeróbico

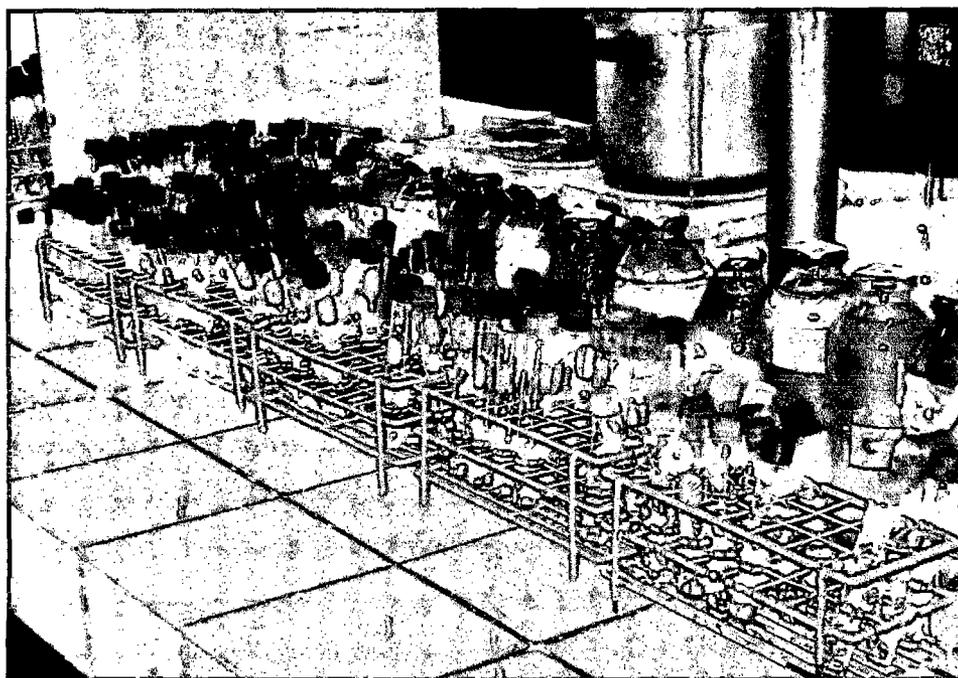


Figura 11. Tubos de ensayo con la dilución del agua muestreada

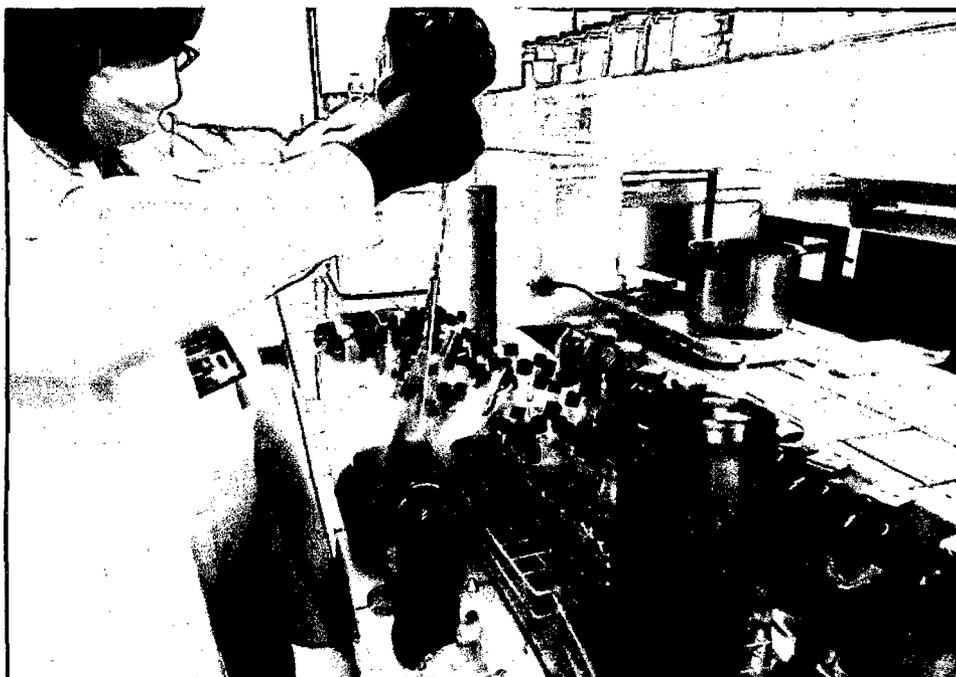


Figura 12 Determinación de los indicadores fecales



Figura 13. Extracción del agua tratada para su dilución



Figura 14. Enriquecimiento de las muestras para evitar el estrés



Figura 15. Unidades muestrales



Figura 16. Colocación del carbón vegetal mas ME

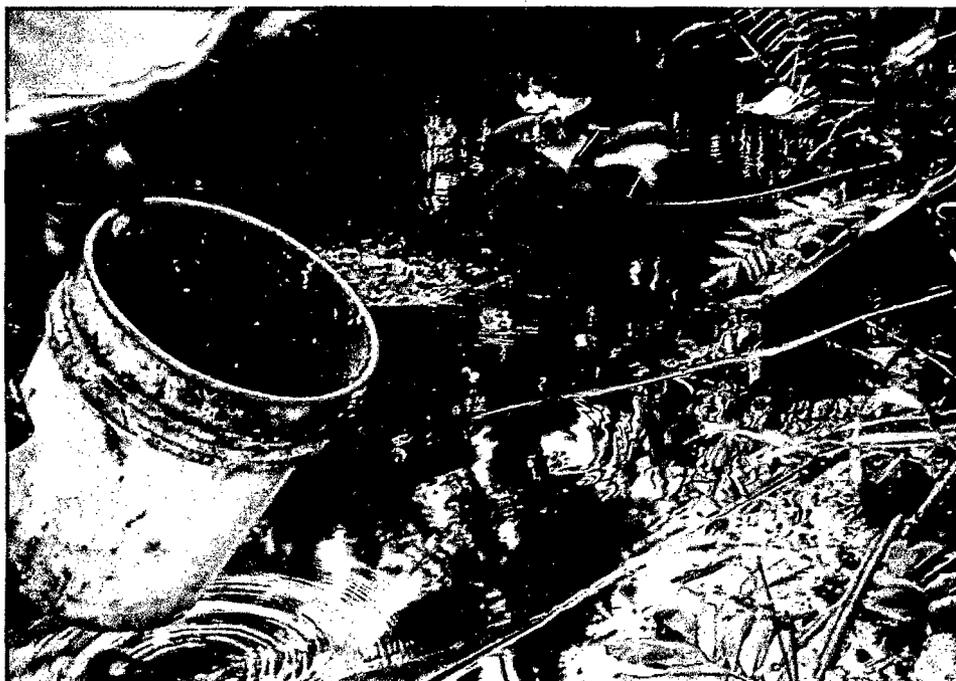


Figura 17. Recolección e el cuerpo de agua para su tratamiento