

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**

**MOYOBAMBA**



**TESIS**

**Evaluación de la Capacidad de Depuración de Microorganismos Eficaces en el  
Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Moyobamba – 2014**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO SANITARIO**

**Autor : Maritza Medaly Sánchez Cabrera**

**Asesor : Msc. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Moyobamba – Perú**

**2014**

**N° de Registro: 06052214**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

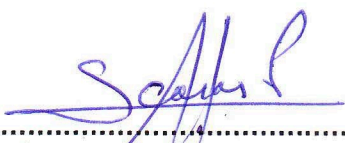
En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las Nueve de la Mañana del día Lunes 09 de Marzo del Dos Mil Quince, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

<b>Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>Blgo. ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>Ing. RUBÉN RUIZ VALLES</b>	<b>MIEMBRO</b>
<b>Ing. M.Sc. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA</b>	<b>ASESOR</b>

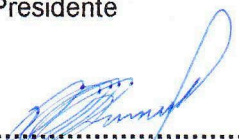
Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DEPURACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, MOYOBAMBA - 2014”**; presentado por la Bachiller en Ingeniería Sanitaria **MARITZA MEDALY SÁNCHEZ CABRERA**, según Resolución Consejo de Facultad **N° 0087-2014-UNSM-T-FE-CF de fecha 16 de Julio del 2014**.


Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **CATORCE (14)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las 11:20 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

  
.....  
**Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**  
Presidente

  
.....  
**Blgo. Alfredo Iban Díaz Visitación**  
Secretario

  
.....  
**Ing. Rubén Ruiz Valles**  
Miembro

  
.....  
**Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza**  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A DIOS, por concederme la vida y a  
mi madre por confiar en mí,  
apoyarme, cuidarme y por su gran  
amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor por su gran apoyo en la ejecución de la presente investigación, ya que estuvo muy comprometido en la etapa experimental como en el trabajo de gabinete.

A la Municipalidad Distrital de Jepelacio, por brindarme desinteresadamente los microorganismos eficaces utilizados en la depuración del agua residual doméstica.

Al Ing. Robinsón Tantalean, quién me ayudó en la etapa experimental, debido a su amplia experiencia en el manejo de microorganismos eficaces.

## INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN .....	IV
ABSTRACT.....	VI
CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	2
1.3.1 Antecedentes de la Investigación .....	2
1.3.2 Bases Teóricas .....	8
1.3.3 Definición de Términos. ....	22
1.4 VARIABLES .....	26
1.5 HIPÓTESIS.....	26
CAPITULO II .....	27
MARCO METODOLÓGICO .....	27
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	27
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	28
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	28
2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	37
CAPITULO III.....	39
RESULTADOS.....	39
3.1 RESULTADOS .....	39
3.1.1 Determinación de los parámetros físico – químicos y microbiológicos .....	39
3.1.2 Obtención de Agua Depurada para Riego de Vegetales .....	61
DISCUSIONES.....	64
CONCLUSIONES .....	69
RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71

## RESUMEN

Frente a la necesidad de contar con un tratamiento eficaz para las aguas residuales que producimos diariamente y la vertimos a cualquier fuente superficial sin darle el tratamiento adecuado, encontramos a los microorganismos eficaces como depuradores de las aguas residuales, la presente investigación pretende demostrar la eficiencia del sinergismo de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales para luego ser utilizadas en la agricultura.

Se tomaron muestras del agua residual doméstica de la poza de experimentación a los 0, 15, 30 y 45 días analizando parámetros físicoquímicos (OD, pH, T, DQO, DBO, SST, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub>, NTU) y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales).

Bajo las condiciones del presente estudio, los resultados mostraron diferencias en cada muestreo realizado: la Turbiedad disminuyó en 64.29% de 98 a 35.0 UNT, la temperatura bajo de 23,5 °C a 22,8 °C, el pH presento valores cercanos a la neutralidad durante todo el tratamiento de 6,3 a 6,7; los Fosfatos disminuyeron en un 25% de 0,6 mg/l a 0,45 mg/l; los Nitratos fueron removidos en un 50% de 8 mg/l a 4 mg/l; para los Sólidos Suspendidos Totales el tratamiento presentó una eficiencia de 48,72%; para el oxígeno disuelto se obtuvo valores de 3 mg/l al inicio y 2,5 mg/l al término del tratamiento; la DBO fue altamente removida en un 69,4 % disminuyendo así de 320 mg/l a 98 mg/l y la DQO mostró una disminución del 40,68% de 354 mg/l a 210 mg/l, los Coliformes Totales, fueron removidos en un 56,25%, disminuyendo así de 2120 NMP/100ml a 1 000 NMP/100ml y los Coliformes Termotolerantes, disminuyeron en 52,83% de 1 200 NMP/100ml a 525 NMP/100ml.

La presente investigación concluye que, aplicando microorganismos eficaces, se logró obtener agua depurada, con un nivel de aceptabilidad 72.7% según el ECA categoría 3, a excepción del Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno; por lo tanto se encuentra apta para el riego de vegetales.

## ABSTRACT

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La disposición final de las aguas residuales presentan uno de los problemas más severos de contaminación a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, debido al costo de operación y mantenimiento que presentan los tratamientos convencionales, a esto se suma la inexistencia de infraestructura de saneamiento en las pequeñas y grandes ciudades; por lo tanto diariamente se vierte sin ningún control ni tratamiento miles de metros cúbicos de aguas residuales a las vertientes de agua cercanas a las ciudades y para los que no cuentan con un sistema de alcantarillado es problema es aún mayor debido a que tienen letrinas en mal estado en sus huertas presentando un foco infeccioso de proliferación de vectores de diferentes enfermedades epidemiológicas de las cuales muchas en nuestra región son frecuentes.

En el país, sólo se realiza el tratamiento del 68,5% de las aguas residuales domésticas urbanas, el resto se vierte a los mares, lagos y ríos provocando un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas.

El Departamento de San Martín tiene una cobertura de saneamiento de 37.9%, con 516,962 personas sin cobertura. Un buen porcentaje de la población no servida (62.1%) está en el sector rural, (MVCS - 2014)

Las aguas residuales domésticas provenientes de la vivienda ubicada en el fundo El Paraíso pasan por un pre tratamiento en un tanque séptico, y luego pasa a un pozo percolador el cual infiltra el agua residual al sub suelo y contamina la napa freática; y además se pierde gran cantidad de agua que podría fácilmente ser



utilizada para riego de las plantaciones existente ya que en esta zona los terrenos son áridos y solo son regados con agua de lluvia y en tiempo de sequía las plantas sufren las fuertes temperaturas y la escasez de agua.

**¿Cuál es la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de vegetales?**

## **1.2 OBJETIVOS**

### **a) Objetivo General:**

- ✓ Evaluar la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales, en la ciudad de Moyobamba.

### **b) Objetivos Específicos:**

- ✓ Determinar los parámetros físico – químicos y microbiológicos (Temperatura, pH, Turbidad, Solidos Suspendidos totales, materia orgánica valorada como DBO, Nitratos, Coliformes totales y termotolerantes, fosfatos, BQO y Oxígeno disuelto) del agua residual.
- ✓ Obtener agua depurada para riego de vegetales.

## **1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.3.1 Antecedentes de la Investigación**

- ❖ **Fioravanti N, Vega y otros (2003).** En su trabajo de investigación de “Eficiencia de los Microorganismos Eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola”, establece que: Los EM-1

(Microorganismos Eficaces) funcionan como una buena herramienta para la estabilización de los lodos sépticos. La estabilización de los lodos sépticos se llevó a cabo mediante la reducción del contenido inicial de microorganismos patógenos, disminución del potencial de putrefacción y generación de olores, los cuales se evaluaron en las variables analizadas.

La reducción de la DBO<sub>5</sub> en los lodos tratados con Microorganismos Eficaces indica la fermentación intensiva de la materia orgánica. Esta fermentación también se evidencia con el fuerte olor a alcoholes y ácidos, y el color café claro característico de las colonias de bacterias ácido-lácticas, algas y levaduras. Otro dato indicador del proceso de fermentación fue la marcada reducción del pH y la disminución acelerada de la temperatura al inicio del proceso.

Los resultados revelaron una diferencia, desde la segunda semana, entre el control y el tratamiento con EM. Los principales indicadores que favorecen al tratamiento con microorganismos eficaces son: reducción casi total de coliformes totales y fecales, cambio de un olor fuerte y putrefacto a un olor fuerte de fermentación, reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), reducción del contenido de nitratos, reducción del pH y de temperatura, mayor reducción de grasas y aceites. Por otro lado, el Control presentó olor fuerte a putrefacción, aumento de pH y DBO, aumento de coliformes totales, ausencia de reducción de nitratos, entre otros. Estos resultados reflejan la eficiencia de los microorganismos eficaces en la estabilización de biosólidos crudos para su uso agrícola como abono.

El tratamiento con microorganismos eficaces eliminó efectivamente más del 99% de los coliformes totales y fecales a las dos semanas de tratamiento. Con esto se superó los límites legales establecidos por la

ley costarricense para el uso agrícola de lodos sépticos. Por otro lado, en la segunda semana el control presentó un incremento de los coliformes totales con respecto al inicial.

El tiempo necesario de estabilización con microorganismos eficaces fue de dos semanas.

- ❖ **Reyes B, Yeomans J., C. Hernández, S. Okumoto (2005).** En su trabajo de investigación, “Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces”; Sostiene que: El uso de EMA en este proyecto resultó ser eficiente, por lo que se concluye que es un excelente estabilizador de biosólidos crudos.

Se realizó el estudio en dos etapas. En la primera etapa, se incubaron anaeróbicamente muestras de lodo séptico con cinco concentraciones de microorganismos eficaces activados (0%, 2,5%, 5%, 7,5% y 10%, v/v), para hacer las mediciones e diferentes parámetros cada tres días por 15 días, siendo tres repeticiones. En la segunda etapa, se eligieron tres tratamientos de la etapa uno (0%, 2,5% y 5% v/v EM activado) utilizando repeticiones para hacer de diferentes parámetros cada 3 días por 15 días.

En los tratamientos con microorganismos eficaces, los coliformes fecales y totales habían sido eliminados para el día 9 de ambos experimentos.

Durante el transcurso del tiempo de ambos experimentos, en los tratamientos con microorganismos eficaces, el cambio en olor, que había pasado de un olor fecal a un olor ligero característico de alcoholes, y la

reducción de pH indicaron que había ocurrido un proceso de fermentación.

En los tratamientos con EM, la reducción en la BDO<sub>5</sub> fue significativa y menor de lo permisible, <300 mg L<sup>-1</sup>, para descargar esas aguas en el ambiente.

En base a los resultados, la concentración más baja de microorganismos eficaces y el tiempo menor para que ocurra una estabilización efectiva de los lodos sépticos, fueron el tratamiento con 2,5% de EM activado y un tiempo no mayor que 5 días.

- ❖ **Fioravanti N, Vega C, Okumoto, J. (2005).** En su trabajo de investigación “Eficiencia de los microorganismos eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola”. Afirma que: Los olores generados por la putrefacción son uno de los principales impactos de la descarga de lodos sépticos crudos y fueron evaluados precisamente de la manera en que se detectan.

El olor presente en la semana 0 se refiere al olor fresco de los lodos; olor característico que se detecta cerca de una alcantarilla de un tanque séptico. El tratamiento de 0 % EM mantuvo ese olor “muy fuerte” desde la Semana 0. En cambio, los lodos que se trataron con 10 % EM inmediatamente entraron en un proceso de fermentación que se podía apreciar claramente en el olor. Este olor se describe como “fuerte” ya que resultaba de la intensa fermentación que se estaba dando. El olor del tratamiento 0 % EM era característico de un proceso de putrefacción y el color lo indicaba así también. El color gris oscuro observado en la muestra inicial y durante la incubación del tratamiento sin EM, sumado además a una capa de nata superficial y a una gran cantidad de larvas de moscas, son signos de que había putrefacción y consecuente mal olor en

este tratamiento. Los lodos que se trataron con 10 % EM cambiaron el color y tienen un color caramelo en Semana 4, al referirse a los resultados observados en un experimento con aguas residuales y EM, explica que el color café rojizo (caramelo) corresponde a colonias de bacterias ácido lácticas y/o levaduras.

En el tratamiento sin EM, no se generó un proceso de fermentación eficaz. Desde la segunda semana presentó un olor muy fuerte a putrefacción y un color negruzco característico de ella. El aumento del pH significó una amenaza en la estabilización de los lodos, debido a que favoreció, entre otras cosas, el desarrollo de ciertos microorganismos y dificultó la desnitrificación.

El EM fue un catalizador eficaz del proceso de estabilización que se pretendía. La intensa fermentación anaeróbica generada por el tratamiento de 10 % EM inhibió los procesos de putrefacción en los lodo sépticos y, en consecuencia, eliminó la producción de olores desagradables. También este tratamiento causó una reducción en el pH e inhibió el desarrollo de microorganismos patógenos. Con el EM eliminó efectivamente más del 99 % de los coliformes totales y fecales a las dos semanas de tratamiento, y se superaron así los límites legales establecidos por la ley costarricense para el uso agrícola de lodos sépticos.

- ❖ **Toc, M (2012)**, En su trabajo de investigación, “Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras”. Sostiene que: La adición de Microorganismos Eficaces (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano redujo la cantidad de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Totales (ST) a los sesenta días después de su aplicación. Se pudo

observar una reducción natural de la DBO, DQO y ST en el tratamiento control debido a la posibilidad de acción de los microorganismos eficientes benéficos y microorganismos no benéficos.

- ❖ **Cardona, J y García, L. (2008).** En su trabajo de investigación, “Evaluación del Efecto de los microorganismos eficaces sobre la calidad de un agua residual doméstica”. Presentó los resultados obtenidos en su investigación:

El presente trabajo tuvo como objetivo monitorear algunos de los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se presentaron en un ARD tras aplicar 3 diferentes concentraciones de EM1; evaluando su efecto, la relación entre parámetros y de éstos con la calidad del agua, así como el efecto de la profundidad en la acción de EM1. Adicionalmente, se busca una aproximación al funcionamiento de EM1, en este tipo de sistemas de tratamiento. Para este fin se evaluaron tres dosis de EM1 (1/10000, 1/5000 y 1/3000 v/v), empleando tanques de 1.10 x 0.56 m y 7 mm de espesor que contenían 110 L de ARD cada uno (n=3). Se tomaron muestras del ARD en dos alturas (20 y 40 cm) a los 0, 10, 30 y 45 días analizando parámetros fisicoquímicos (OD, pH, T, DQO, DBO5, ST, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> y S) y microbiológicos (coliformes totales y fecales, heterótrofos totales, levaduras, lactobacilos y bacterias fototróficas). Bajo las condiciones del estudio, los resultados no mostraron diferencias significativas entre las profundidades evaluadas, de igual forma no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos para la mayoría de los parámetros, a excepción de la disminución significativa de S<sub>2</sub>- (30 y 45 d) y coliformes fecales (10 d), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor fecales (10 d), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor.

No se observaron diferencias significativas en las concentraciones de ninguno de parámetros en ninguno de los tiempos, entre el control y los tratamientos. Por lo cual se concluyó que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de EM1, bajo las condiciones del presente estudio.

De igual forma, para la mayoría de los parámetros evaluados, no se observaron diferencias significativas entre el control y los tratamientos, a excepción de la disminución significativa de S2- (30 y 45 d), coliformes fecales (10 d), así como recuentos significativamente mayores en levaduras y mayor DBO<sub>5</sub> (30 y 45 d) de los tratamientos con respecto a los controles, mostro un claro efecto positivo de la aplicación de EM1.

Para el conjunto de los parámetros analizados, fue posible observar que en general, en el comportamiento de los datos influyó más tiempo, que los tratamientos, debido a que entre las variables día y tratamiento existió independencia.

### **1.3.2 Bases Teóricas**

#### ***a) Aguas Residuales***

El agua residual (AR), es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno (Novonty, 2003; Sánchez, 2003). Las AR provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas (ARD), industriales,

de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua (Metcalf y Eddy, 2003).

➤ **Aguas residuales domésticas (ARD)**

Las aguas residuales domésticas (ARD) son aquellas provenientes de las actividades domésticas cotidianas como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc., por lo cual son principalmente una combinación de heces humanas y animales, orina y agua gris (Mara y Cairncross, 1990). Estas, presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos como detergentes y compuestos clorados y microorganismos patógenos y no patógenos. En ocasiones, el agua generada por varias industrias puede entrar también en esta clasificación si no contiene una gran proporción de sustancias de síntesis química (Mara y Cairncross, 1990).

En lo que se refiere a la composición de compuestos químicos, las ARD pueden contener varios tipos de proteínas (albúminas, globulinas y enzimas industriales (detergentes), producto de la actividad microbiana en la propia ARD; carbohidratos como glucosa, sacarosa, almidón, celulosa (Blundi, 1998) y grasas animales y aceites, provenientes de los alimentos, junto con los respectivos productos de la degradación de los compuestos mencionados, así como sales inorgánicas y otros compuestos inertes (Metcalf y Eddy, 2003).

**Tabla 1. Criterios para la clasificación de la calidad de un AR**

Pará	Concentración		
	Baja	Moderada	Alta
Sólidos totales (ST)	350	720	1200
Sólidos disueltos totales (SD)	250	500	850
Sólidos disueltos fijos	145	300	525
Sólidos disueltos volátiles	105	200	325
Sólidos suspendidos totales (SS)	100	220	350



Sólidos suspendidos fijos	20	55	75
Sólidos suspendidos volátiles	80	165	275
Sólidos sedimentables	5	10	20
Demanda biológica de oxígeno	110	160	400
Demanda química de oxígeno	250	220	1000
Carbono orgánico total (COT)	50	500	290
Nitrógeno (Total como N)	20	40	85
N-Orgánico	8	15	35
N-Amonio libre	12	25	50
N-Nitratos	0	0	0
N-Nitritos	0	0	0
Fósforo (Total como fósforo)	4	8	15
P-Orgánico	1	3	5
P-inorgánico	3	5	15
Cloruros*	30	50	100
Sulfato*	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	50	100	200
Grasa	50	100	150
Coliformes totales	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup> UFC/100ml	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup> UFC/100ml	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup> UFC/1
Compuestos orgánicos volátiles	<100µg/l	100-400µg/l	>400µg/l

**Nota:** Valores en mg/l a menos que se especifique lo contrario.

(Tomado de: Metcalf y Eddy, 2003)

### ➤ Características de las Aguas Residuales.

El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro (Jimeno, 1998).

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20°C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones (Jimeno, 1998).

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los

sólidos (Jimeno, 1998).

El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos (Jimeno, 1998).

Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes también en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del Azufre de las proteínas (Jimeno, 1998).

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos (por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez). Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina (madera) (Jimeno, 1998).

Los lípidos (aceites y grasas) incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas. Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas (de estaciones de servicio, por ejemplo), y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los

microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc (Jimeno, 1998).

La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. Además, del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como Dióxido de Carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del Azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual (Jimeno, 1998).

#### ➤ **Tratamiento de las aguas residuales**

El tratamiento de las AR se divide en preliminar, primario, secundario y terciario (Tabla 2), indicando así el nivel de remoción de contaminantes que se alcanza a medida que se pasa de un tratamiento a otro (Orozco y Salazar, 1999). La selección de un tratamiento para un AR depende de diversos factores como las características iniciales del agua, el requerimiento de la calidad del efluente y los costos y la disponibilidad de un terreno destinado para tal fin (Ramalho, 1983). A continuación se presentan las principales características de cada tipo.

**Tabla 02: Tipos de tratamientos para aguas residuales**

<b>Tipo de tratamiento</b>	<b>Características</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Referencia</b>
Preliminar	Su objetivo es eliminar cualquier elemento que pueda entorpecer alguna de las etapas siguientes del tratamiento como sólidos gruesos, arena, aceites y grasas.	Rejas y cribas de barras, tamices, desmenuzadores, desarenadores, separadores de grasas y aceites, tanques de preaireación y aliviaderos.	(Ramalho, 1983; Eckenfelder y Grau, 1992; Seoanez, 1996)
Primario	El objetivo del tratamiento primario es la remoción de la materia orgánica suspendida (40 a 60%), por medio de procedimientos físicos, químicos y a veces biológicos.	Fosas sépticas, tanques de doble acción, tanques de sedimentación, filtración, neutralización y flotación.	(Ramalho, 1983; Diehl y Jeppsson, 1998)

<p>Secundario</p>	<p>Su objetivo es la remoción de la materia orgánica disuelta, medida como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que no pudo ser removida en el tratamiento primario. En este tratamiento se estimula de manera controlada el crecimiento de microorganismos degradadores de materia orgánica. El porcentaje de remoción de DBO en este tipo de tratamientos es aproximadamente del 90%</p>	<p>Lechos bacterianos, lodos activados, lagunas de estabilización, biodiscos, filtros bacterianos, filtros percoladores, reactor de lodos de flujo ascendente (UASB)</p>	<p>(Gaudy y Gaudy, 1971; Seoanez, 1996; Metcalf y Eddy, 2003)</p>
<p>Terciario</p>	<p>El objetivo del tratamiento terciario, o avanzado, es remover cualquier otro elemento no deseado. Esta etapa del tratamiento está generalmente enfocada a la remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).</p>	<p>Cloración, ozonización, carbón activado, intercambio iónico, ósmosis inversa, rizofiltración.</p>	<p>(Seoanez, 1996; Boari <i>et al.</i>, 1997; Eckenfelder, 2000; Metcalf y Eddy, 2003)</p>

Como parte de los tratamientos descritos anteriormente y principalmente del tratamiento secundario, el componente biológico es de gran importancia. Enmarcado dentro de esta clase de tratamientos se encuentra los microorganismos eficientes, los cuales se describen con más detalle a continuación.

## **b) Microorganismos Eficaces**

### **❖ *Bacterias fotosintéticas (Rhodopseudomonas palustris)***

Dentro de gremio de organismos fotosintéticos que hacen parte de EM se encuentra *Rhodopseudomonas palustris*. Estas son bacterias fototróficas facultativas clasificadas dentro de las bacterias púrpura no del azufre, el cual comprende un grupo variado, tanto en morfología, filogenia y su tolerancia a diferentes concentraciones de azufre. Son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones (Vivanco, 2003).

La *Rhodopseudomona palustris* es encontrada comúnmente en suelo y aguas y posee un metabolismo muy versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos constituyentes y por lo tanto está implicado en el manejo y reciclaje de compuestos carbonados. No sólo puede convertir CO<sub>2</sub> en material celular, sino también N<sub>2</sub> en amonio y producir H<sub>2</sub> gaseoso. Crece tanto en ausencia como en presencia de oxígeno (JGI, 2005). En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa

absorbiendo CO<sub>2</sub>, pero también puede crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración (JGI, 2005).

Este microorganismo presenta un crecimiento fototautotrófico con H<sub>2</sub>, sulfuro y tiosulfato como donadores de electrones en presencia de pequeñas cantidades de extracto de levadura. Su crecimiento fotoheterótrofico es posible con varios sustratos orgánicos como azúcares simples y complejos. El sulfato puede ser usado como la única fuente de azufre, mientras que el amonio, dinitrogeno, algunos aminoácidos, y en algunas cepas el nitrato, pueden ser usados como fuente de nitrógeno (Holt, 2000).

En ocasiones no se hace uso de *Rhodopseudomonas* porque no se conoce detalladamente su metabolismo. Sin embargo, estas bacterias se han utilizado tanto en cultivos puros como mixtos para evaluar su actividad metabólica (Kyum *et al.*, 2004).

Debido a la gran variedad de rutas metabólicas que puede llegar a tomar este microorganismo según sus necesidades y condiciones ambientales, como parte del mismo produce una serie de enzimas y coenzimas según sea el caso, dentro de las que se encuentran amilasas, hidrolasas y proteasas, así como ubiquinonas y la coenzima Q10, las cuales participan directamente en los procesos de remoción de sulfuro de hidrógeno, nitratos, sulfatos, sulfitos, hidrocarburos, halógenos y nitratos reduciendo de esta forma la demanda biológica de oxígeno (Centinkaya y Osturk, 1999).

Teniendo en cuenta las condiciones de crecimiento para la bacteria fototrófica *R. palustris*, así como los estudios reportados por Honda *et al.*, (2006), en donde se optimiza el crecimiento de estos

microorganismos bajo condiciones de anaerobiosis para el tratamiento de AR, se considera que las poblaciones de estos microorganismos pueden llegar a adaptarse de forma exitosa a las condiciones que presentan las ARD.

❖ ***Bacterias ácido lácticas (Lactobacillus spp.)***

Dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo EM los más abundantes son las bacterias ácido lácticas.

Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que puede suprimir a los microorganismos patógenos (Rodríguez – Palenzuela, 2000), mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica, incluso en el caso de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta (Sustainable Community Development, 2001).

No se tiene gran información precisa acerca de la forma en la cual actúan las bacterias ácido lácticas en el tratamiento de las aguas contaminadas, pero teniendo en cuenta sus características, se plantea que al disminuir el pH se genera una inhibición de patógenos (Early, 1998). Sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos. En el estudio realizado por Kelly et al., (1998), se determinó que parte del comportamiento antagónico frente a patógenos del ácido láctico se debe a la producción de péptidos antimicrobianos y compuestos de bajo peso molecular, como la bacteriosina clase I, y la nisina,



péptido de 34 carbonos que es activo frente a la mayoría de las bacterias Gram positivas.

En lo que se refiere a los requerimientos de crecimiento para el grupo de las bacterias ácido lácticas, se encuentran como generalidades que estas son bacterias microaerofílicas, razón por la que debe procurarse que la incubación se realice en una atmósfera con 5% de CO<sub>2</sub>. Por lo general, para su crecimiento se emplean un incubación de 3 días, a 37°C o hasta 5 días a 30°C, puesto que son microorganismos de crecimiento relativamente lento y sus rendimientos metabólicos dependen de la temperatura directamente (Merk, 2003).

#### ❖ **Levaduras (*Saccharomyces spp*)**

El tercer grupo dentro de los gremios de microorganismos presentes en EM son las levaduras. Todos los miembros de *Saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar se encuentran la glucosa y la sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, ya que *Saccharomyces* no puede asimilar lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se pueden emplear mezclas de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito pueden ser asimilados (Harvey et al., 1985).

Aparte de carbono y el nitrógeno los macroelementos indispensables son el fósforo que se emplea comúnmente en forma de ácido fosfórico y el Mg<sup>+2</sup> como sulfato de magnesio, que también provee azufre. Finalmente son también necesarios el Ca<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup> y

$Zn^{+2}$  como elementos menores. Un requerimiento esencial está constituido por las vitaminas del grupo B como biotina, ácido pantoténico, inositol, tiamina, piridoxina y niacina. Existen sin embargo, algunas diferencias entre las distintas cepas. Entre las vitaminas mencionadas la biotina es requerida por casi la totalidad de las mismas (Harvey et al., 1985).

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir azúcares, y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas, también producen sustancias bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM (ACARA, 2006).

Como parte de su metabolismo fermentativo, las levaduras producen etanol en relativamente altas concentraciones, que es también reconocida como sustancia antimicrobiana (Milkota *et al.*, 2004). Se asume por lo tanto que al degradar los carbohidratos presentes en AR, se producirá etanol, el cual puede funcionar como sustancia antagónica frente a microorganismos patógenos (Sustainable Community Development, 2001).

Los requerimientos anteriormente mencionados cambian según las condiciones de cultivo, ya que el aumento de la aerobiosis disminuye los requerimientos de esa vitamina y el uso de urea como fuente de nitrógeno los aumenta por la necesidad de biosíntesis de 3 sistemas enzimáticos que contienen biotina. En el caso de la tiamina, se ha demostrado que aumenta la actividad fermentativa de la levadura (Harey *et al.*, 1985). Teniendo en cuenta que durante el presente estudio, las condiciones fueron anaeróbicas, los requerimientos de estas vitaminas y sus efectos sobre las poblaciones

podieron variar, a pesar de que las ARD, se caracterizan por ser una muy buena fuente de compuestos vitamínicos.

Finalmente debe mencionarse al O<sub>2</sub> como otro requerimiento para la producción de levadura, puesto que se necesita 1 g de O<sub>2</sub> para la producción de 1 g de levadura seca en el caso de crecimiento en condiciones óptimas. Si existe limitación de O<sub>2</sub> no se puede alcanzar los rendimientos óptimos, lo cual genera que los valores normales de la velocidad específica de crecimiento para levaduras, que se encuentran en el orden de 0,45 a 0,6 h<sup>-1</sup> como máximo, sean mucho menores (Adams, 1986). Es así como *S. cereviceae*, puede encontrar condiciones óptimas en un rango relativamente amplio de condiciones de oxígeno, puesto que a pesar de requerir este factor para su crecimiento, sus exigencias no son altas y con bajas concentraciones, puede realizar normalmente su metabolismo fermentativo, aunque es probable que lo haga en una forma un poco menos eficiente (Adams, 1986).

Para las poblaciones de levaduras, la temperatura óptima se ha establecido en 28.5 °C, dado que a mayores temperaturas disminuye el rendimiento, probablemente debido al aumento de energía de mantenimiento (Adams, 1986).

El rendimiento celular puede también afectarse por la presencia de inhibidores como SO<sub>2</sub>, ácido aconítico y metales pesados o restos de herbicidas o bactericidas que pueden estar presentes en las melazas (Sustainable Community Development, 2001).

### ➤ *Microorganismos eficaces y su uso en Agua Residual*

Se usa el término “microorganismos eficaces” o en inglés efficient microorganisms (EM) para denotar cultivos mixtos específicos de

microorganismos benéficos conocidos que son empleados efectivamente como inoculantes microbianos (Higa y Parr, 1994). EM es una tecnología desarrollada por el Doctor Teruo Higa en la década de los ochenta en Okinagua, Japón y ha sido empleada en diferentes campos como la agricultura, industria animal, remediación ambiental, entre otros y se encuentra en la actualidad ampliamente distribuida (Sangkkara, 2002).

EM es un cultivo mixto de microorganismos no modificados genéticamente, con diversos tipos de metabolismo, que al encontrarse juntos presentan relaciones sinergistas, de cooperación y cometabolismo (Higa y Parr, 1994). Estudios de las interacciones entre los diferentes integrantes de las comunidades microbianas han demostrado en varias ocasiones una mayor eficiencia de estos consorcios en los procesos de degradación, frente a estudios que involucran sólo a un gremio (Atlas y Bartha, 1998). El Dr. Higa encontró que se creaba un efecto potencializador al mezclar microorganismos con diversas características metabólicas.

Los microorganismos del EM poseen varias características útiles en procesos de biorremediación, entre las cuales se encuentran la fermentación de materia orgánica sin la liberación de malos olores y su capacidad de convertir los desechos tóxicos ( $H_2S$ ) en sustancias no tóxicas ( $SO_4$ ) (García, 2006), propiedades desionizantes que favorecen la detoxificación de sustancias peligrosas, quelación de metales pesados, producción de enzimas como la lignina peroxidasa, entre otras (Windidana y Higa, 1997).

Aunque EM ha sido usado exitosamente en muchos aspectos de manejo ambiental no existen muchos reportes científicos de su uso

en aguas residuales (okuda y higa, 2005). La razón por la cual EM ha sido empleado para el tratamiento de AR es que los microorganismos que contiene secretan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelantes metálicos crean un ambiente antioxidante que ayude al proceso de separación sólido/líquido, el cual es el fundamento de la limpieza del agua (Higa y Chien, 1998).

Según (Higa T, 1993), está basada en la armonía y el equilibrio entre las criaturas; siendo así el producto una coexistencia y cooperación ideal entre los microorganismos que lo componen. Por la importancia de la actividad microbiana en la mayoría de procesos naturales y artificiales, EM Research Organization (EMRO) ha ido creando una gran variedad de productos para la agricultura (descomposición de materia orgánica, manejo de plagas), para el manejo de desechos y de contaminantes (reciclaje, descontaminación aguas), para la industria (motores) y hasta para la salud humana (antioxidantes, cosméticos).

La base fundamental del EM está cimentado en dos tipos de microorganismos, los autógenos y los sintetizantes. La materia orgánica se reduce a un estado soluble por la descomposición autógena y las bacterias sintetizantes lo consumen rápidamente produciendo antioxidantes. Estos microorganismos en reposo se produce la autólisis que trae consigo que las bacterias desaparezcan (Higa, T, 1993). Los microorganismos presentes en el EM se autodestruyen y se consumen entre sí (Fioravanti, 2003).

El sistema de manejo de aguas residuales con la utilización de EM es una forma de obtener un nivel deseable de pureza del agua con la utilización de microorganismos efectivos, para descomponer la materia orgánica de esas aguas residuales. El EM es utilizado en

fosas sépticas para tratar aguas domésticas, retretes, cocinas y lavaderos. Dentro de los múltiples efectos de los microorganismos efectivos en los sistemas de tratamientos de desechos líquidos y sólidos se pueden mencionar incremento en la eficiencia y estabilidad de digestores aeróbicos y anaeróbicos, prevención del crecimiento y desarrollo de microbios patógenos, reciclaje del agua residual, rápida degradación de materias de desecho orgánico provenientes de formas solubles de plantas y animales y fácil conversión de desechos orgánicos a abonos orgánicos (Fioravanti, 2003).

Estudios realizados por (Cardona, J y García, L, 2008) emplearon EM para el tratamiento de ARD utilizo el sistema de lodos activados. Los resultados mostraron que el consumo de oxígeno en el sistema de tratamiento disminuyó al igual que la producción de lodos, la DQO y los malos olores, realizaron un estudio para determinar el efecto de EM en la estabilización de lodos sépticos, mostrando disminución de olor, pH y coliformes. De igual forma, evaluaron la efectividad del uso de EM, para reducir olores y disminuir la cantidad de lodos generados en los tratamientos de AR, se evaluaron alcalinidad, pH, conductividad, ST, SS y SD, presentando significativas mejoras en estos parámetros.

### **1.3.3 Definición de Términos.**

#### **➤ Aguas Residuales.**

El agua residual (AR), es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno. Las AR provienen del sistema de

abastecimiento de una población, por esta razón son líquidos de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas (ARD), industriales, de infiltración y pluviales. Las dos primeras son las más relacionadas con la contaminación del agua, (Romero, 2001).

➤ **Aerobio:**

Se denomina aerobios a los organismos que necesitan del oxígeno diatómico para vivir o a los procesos que lo necesitan para poder desarrollarse, (Metcalf y Eddy, 2003).

➤ **Afluente:**

Aguas residuales crudas que proceden de la red de alcantarillado y fluye hacia dentro de un estanque, depósito o planta de tratamiento para ser tratada. Puede ser que venga directamente de la fuente de las excretas o sea suministrado de forma controlada, (Romero, 2001).

➤ **Anaerobio:**

Se llama anaerobios a los organismos que no necesitan oxígeno para desarrollarse, a diferencia de los organismos aerobios, (Metcalf y Eddy, 2003).

➤ **Efluente:**

Un líquido que fluye hacia fuera del depósito confinado que lo contiene. Aguas negras, agua o cualquier otro líquido, parcial o totalmente tratado, o en su estado natural, como puede ser el caso de la salida de un depósito, estanque o planta de tratamiento, (Romero, 2001).

➤ **Bioacumulación:**

Hace referencia a la acumulación neta, con el paso del tiempo, de

metales (u otras sustancias persistentes) en un organismo a partir de fuentes tanto bióticas (otros organismos) como abióticas (suelo, aire y agua) (Fioravanti, 2003).

➤ **Biomasa:**

Es el conjunto de recursos forestales, plantas terrestres y acuáticas, residuos y subproductos agrícolas, ganaderos urbanos e industriales. Esta fuente energética puede ser aprovechada mediante su combustión directa a través de su transformación en biogás, bioalcohol, etcétera. (Cardona, J y García, L, 2008).

➤ **Estándares de Calidad Ambiental (ECA):**

Son indicadores de la calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas. La medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, (Jimeno, 1998).

➤ **Límite Máximo Permisible (LMP):**

Concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. La medición de un LMP, en los puntos de emisión y vertimiento, (Jimeno, 1998).

➤ **Nata:**

Material sólido flotante donde se acumulan sólidos suspendidos, restos de algas, material plástico y otros, originando que no se realice una buena oxigenación del agua y que la luz no pueda llegar hasta las capas más profundas. (Marín, 2005).



➤ **Tiempo de Retención Hidráulico (TRH):**

Tiempo total que el agua demora en movilizarse por todo el sistema hasta su descarga en el cuerpo receptor, (Jimeno, 1998).

➤ **Microorganismos Eficaces:**

Es un cultivo mixto de microorganismos no modificados genéticamente, con diversos tipos de metabolismo, que al encontrarse juntos presentan relaciones sinergistas, de cooperación y cometabolismo (Higa y Parr, 1994). Estudios de las interacciones entre los diferentes integrantes de las comunidades microbianas han demostrado en varias ocasiones una mayor eficiencia de estos consorcios en los procesos de degradación, frente a estudios que involucran sólo a un gremio (Atlas y Bartha, 1998). El Dr. Higa encontró que se creaba un efecto potencializador al mezclar microorganismos con diversas características metabólicas.

## **1.4 VARIABLES**

**a) Variable Independiente:**

- ✓ Capacidad de depuración de Microorganismos Eficaces.

**b) Variable Dependiente:**

- ✓ Tratamiento de aguas residuales domésticas.

## **1.5 HIPÓTESIS**

La capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de vegetales, es eficiente.

- ✓ H0: La capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de vegetales, no es eficiente.
  
- ✓ H1: La capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de vegetales, es eficiente.

## CAPITULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

a) De acuerdo a la orientación.

- Aplicada

b) De acuerdo a la técnica de contrastación:

- Experimental

#### 2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el diseño de contrastación de la hipótesis se empleará el diseño de serie de tiempo; se agregará microorganismos eficaces (a la entrada de la poza) a las aguas residuales domésticas provenientes de la vivienda ubicada en el fundo El Paraíso, se monitoreará la variable independiente, en donde los microorganismos eficaces realizarán el proceso de depuración, luego se realizará los análisis físico-químicos (Temperatura, pH, turbidez, Solidos suspendidos totales, Nitratos, fosfatos, DBO, DQO y Oxígeno) y microbiológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes); (a la salida de la poza) al agua residual depurada, en diferentes tiempos.

Con los datos obtenidos se realizará la comparación de los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas, y con ello evaluaremos la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Diagrama del diseño:

GE: O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub> O<sub>3</sub> O<sub>4</sub>

## **2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **➤ Población.**

La población está comprendida por el caudal de la población de una vivienda de seis integrantes.

### **➤ Muestra.**

4 litros.

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas que se aplicará serán las diversas metodologías que se emplean durante todo el procedimiento para la toma, recolección y análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras de agua residual.

Las técnicas de recolección de información es de dos tipos: Información Secundaria e información primaria.

Para la evaluación de la capacidad de depuración de microorganismos eficaces, se utilizó ambos tipos.

### **2.4.1 Técnica de recolección de Información Primaria**

#### **➤ Etapa de selección de sitio**

El presente estudio de investigación se realizó en el fundo “El Paraíso”, ubicada en el sector Los Jardines, considerado zona rural de la ciudad de Moyobamba,

La vivienda conformada por seis integrantes, cuenta con un pozo séptico y pozo percolador como alternativa de tratamiento de las aguas residuales que generan.

Las aguas residuales domésticas se infiltran y contaminan el subsuelo, además se pierde toda el agua que podría ser utilizada el riego de las plantaciones existentes, que están en mal estado debido al tipo de suelo (arcilla) y la falta de agua.

Cabe resaltar que las aguas que son utilizadas en el lavado de ropa y utensilios de cocina no son arrojadas al desagüe, sino que lo desechan directamente al ambiente, para no colapsar su sistema, debido a que no funciona con normalidad porque, el suelo es de arcilla y no percola rápidamente y se corre el riesgo de que rebalse y genere malos olores.

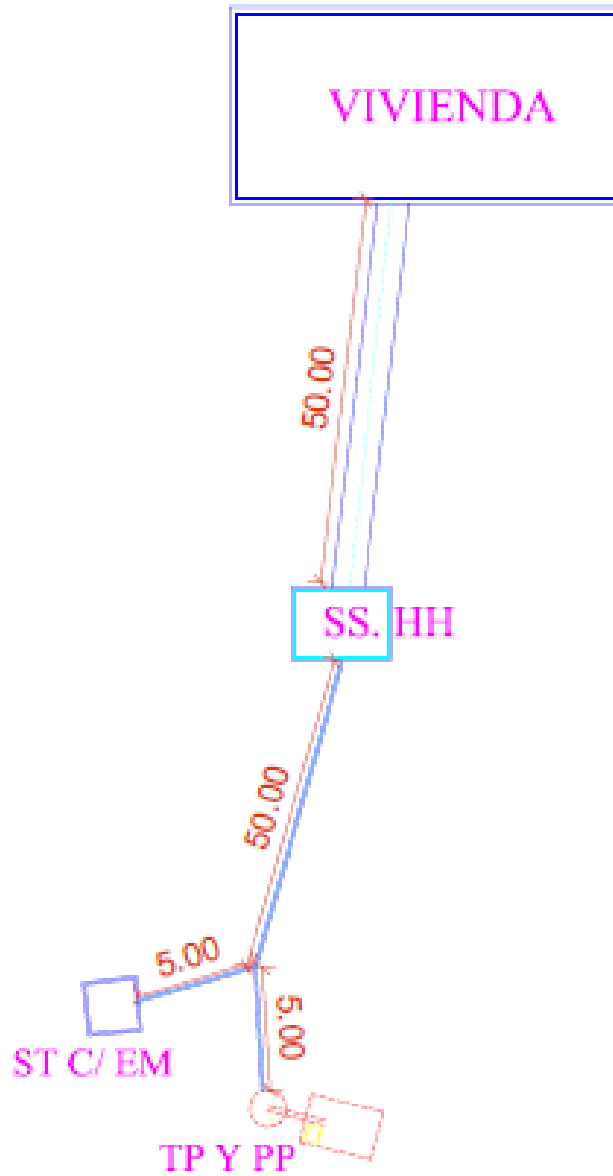
Debido a las condiciones mencionadas, se vio conveniente desarrollar la presente investigación en ésta vivienda, y dotar de un sistema alternativo al ya existente, con la finalidad de mejorar el sistema y reutilizar el agua tratada para el riego de vegetales.

El tanque séptico y pozo percolador se encuentra a 100 m de la vivienda y a 55 m de los servicios higiénicos, en terreno es de topografía plana, por lo que se eligió un espacio a 5 m, antes del sistema existente; se conservó una pendiente de 1% para facilitar la llegada del agua a nuestro sistema.

El lugar elegido se encuentra en medio de una plantación de naranjas, mandarinas y limones.

A continuación se muestra la ubicación de la vivienda, los servicios higiénicos, el tanque séptico y pozo percolador, además del sistema alternativo propuesto por la presente investigación.

*Plano: Distribución de los servicios de saneamiento*



*Fuente: Elaboración propia*

El 05 de julio del 2014, se realizó la visita de reconocimiento del lugar en compañía de mi asesor, Ing. Yrwin Azabache liza; visita en la cual se definió el lugar adecuado para construir el sistema de tratamiento de

aguas residuales domésticas con microorganismos eficaces, motivo de investigación de la presente tesis.

➤ **Etapa de diseño del sistema de tratamiento**

Para realizar el diseño del sistema se revisó diversas bibliografías entre ellas trabajos de investigación realizados en tratamiento de agua residuales con microorganismos eficaces, de los cuales se concluyó que las dimensiones de la poza de tomó al azahar, de acuerdo a la cantidad de agua residual a tratar y la dosis de concentración de los microorganismos.

(Cardona, J y García, L, 2008). Concluyó que no existió un efecto de la profundidad del recipiente en el tratamiento con la aplicación de EM, bajo las condiciones propuestas.

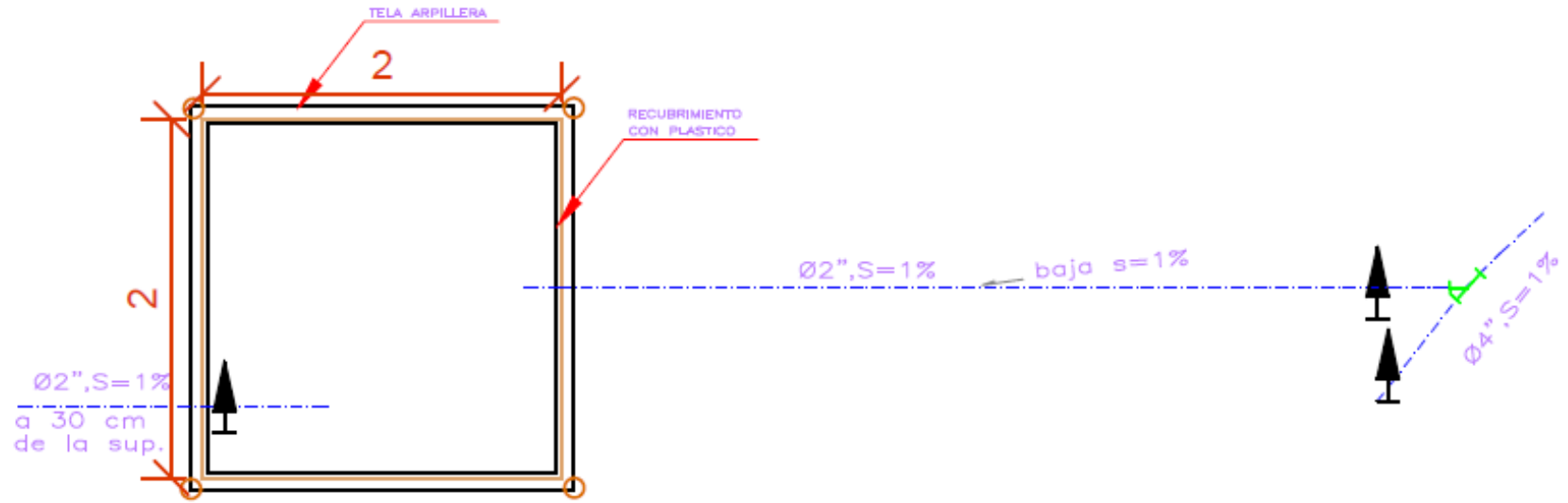
Por lo tanto, para la presente investigación se construyó una poza de 2m de largo por 2m de ancho por 1m de profundidad, con una capacidad de aforo de 2 000 litros de agua residual.

Se tomó consideraciones como mantener una pendiente de 1% que permita la llegada del agua a nuestro sistema con total normalidad, también se utilizó válvulas de compuerta para cerrar el paso de agua al sistema existente y desviarlo hasta el nuevo sistema instalado.

La tubería que llevaba el agua es de 4 pulgadas y para fines de la presente investigación se redujo a 2 pulgadas.

A continuación se muestra el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas con microorganismos eficaces.

*Plano: Esquema del proyecto de tesis*



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE DESAGUE
	VALVULA COMPUERTA
	YEE

*Fuente: Elaboración propia*



Después de haber realizado el plano de planta del sistema de tratamiento, se procedió con el trabajo de campo; se construyó la poza el día 10 de agosto del 2014.

El interior de la poza fue cubierto con plástico, el techo de la misma manera y las paredes con tela arpillera de color negro, con la finalidad de que no intervenga la naturaleza y altere los resultados.

Una vez construida la poza con todos los requerimiento, se colocó la tubería que conducía el agua, desde la tubería de 4 pulgadas que llevaba el agua al sistema existente hasta nuestro sistema, para lo cual se utilizó 5 metros de tubería de 2 pulgadas, para unir las tuberías se colocó un YEE de 45° y a 20 cm una válvula compuerta para controlar el flujo del agua; también, se colocó 50 cm de tubería a la salida del estanque y una válvula compuerta para desaguar cuando haya cumplido el tiempo de retención hidráulica necesaria.

Después de colocar todos los accesorios se realizó la prueba hidráulica, y se obtuvo buenos resultados, ya que el agua llegaba con total normalidad a nuestro sistema.

Se terminó todos los trabajos de construcción y acondicionamiento del sistema de tratamiento el día 13 de agosto del 2014, el mismo día a las 6 de la tarde, se abrió la válvula compuerta y empezó el llenado de la poza, y estuvo completamente llena para las 6 am del día 17 de agosto del 2014.

Teniendo estos datos de calcula que la poza demoró aproximadamente 84 horas en llenar, además que la vivienda conformada por seis integrantes produce 572 litros de agua residual doméstica por día.

### ➤ **Tratamiento**

Para la depuración de las aguas residuales domésticas se consideró el tratamiento con microorganismos eficaces, con una concentración de 1/1000, adicionados el día 0, al tratamiento.

Los microorganismos eficaces fueron adquiridos de la municipalidad distrital de Jepelacio, por donación; es preciso mencionar que la localidad de Jepelacio y Shucshuyacu vienen haciendo uso de estos microorganismos porque sus sistemas de tratamiento de aguas residuales recientemente ejecutados no funcionan, pero no cuentan con datos exactos de un laboratorio solo .mediante el olfato, ya que el olor característico de las aguas residuales va disipándose con el paso de los días de tratamiento.

Para dos mil litros de agua residual doméstica, se adicionó 2 litros de microorganismos eficaces, mediante una bombilla y se removió el agua con una caña brava para lograr una distribución homogénea.

### ➤ **Evaluación de la capacidad de depuración de microorganismos eficaces**

La evaluación de la eficiencia del tratamiento, se basó en los análisis realizados en laboratorio.

#### **Toma de muestras**

Los muestreos se efectuaron a los 0, 15, 30 y 45 días. Se utilizó recipientes esterilizados, guantes y mascarillas; luego se transportaron los recipientes desde el fundo “El Paraíso” hasta el laboratorio Anaquímicos Servicios Generales E.I.R.L.

La muestra tomada el días 0, fue para realizar una caracterización inicial del contenido de las aguas residuales domésticas y las muestras posteriores fueron tomadas, después de la adición de microorganismos eficaces, las cuales se analizó para evaluar la eficiencia del tratamiento realizado.

### **Recolección y análisis de muestras**

Se tomaron muestras simples, un litro por muestra; Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, fueron realizados por el Laboratorio Anaquímicos Servicios Generales E.I.R.L. Se analizaron once parámetros: Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes, pH, Turbiedad, Sólidos suspendidos totales, DBO, DQO, Oxígeno disuelto, Nitratos, Fosfatos.

Las muestras fueron tomadas durante la mañana y/o por la tarde, con el fin de que la temperatura no influya en el resultado de las muestras.

En la primera muestra que corresponde a la caracterización de las aguas residuales domésticas, los parámetros (nitratos y fosfatos), fueron analizados en campo, para esto se necesitó la ayuda de un personal técnico (Ing. Samuel ), debido a que cuenta con la experiencia y los instrumentos necesarios para toma de muestra y el análisis IN SITU. Se utilizó reactivos y un comparador para cada uno de los parámetros.

A continuación se muestra las fechas, el número de repeticiones y la frecuencia de los análisis realizados al agua residual objeto de la presente investigación, con las que se tomó las muestras de agua residual, para verificar la eficiencia de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales.

**Cuadro N° 01: Cronograma de toma de muestras**

<b>FECHA</b>	<b>N° REPETICIONES</b>	<b>FRECUENCIA DIAS</b>	<b>OBJETO</b>
09/08/2014	01	01	Caracterización
23/08/2014	02	15	Verificación de la eficiencia de los EM
06/09/2014	03	30	Verificación de la eficiencia de los EM
20/09/2014	04	45	Verificación de la eficiencia de los EM

*Fuente: Elaboración propia*

### **Método de análisis**

El análisis utilizado para cada parámetro establecido en la presente investigación se describe a continuación:

**Cuadro N°02: Parámetros físico, químicos y biológicos**

<b>N°</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
1	Coliformes Totales	NMP/100m l	Filtración por Membrana al Vacío
2	Coliformes Termotolerantes	NMP/100m l	Filtración por Membrana al Vacío
3	Turbiedad	UNT	Método de Turbidimetría
4	pH	Unidad pH	Método de Potenciométrico
5	Sólidos suspendidos totales	mg/L	Método por Espectrofotométrico
6	Temperatura	°C	Termómetro
7	Fosfatos	mg/L	Método por Espectrofotométrico

8	Nitratos	mg/L	Método por Espectrofotométrico Cerrado
9	Oxígeno disuelto	mg/L	Método por Espectrofotométrico de Reflujo Cerrado
10	DBO	mg/L	Método de Electrodo de Membrana
11	DQO	mg/L	Método de Electrodo de Membrana

*Fuente: Laboratorio Anaquímicos, 2014.*

#### **2.4.2 Técnica de recolección de Información Secundaria**

Se obtuvo información de diversas investigaciones realizadas por instituciones internacionales, ya que a nivel nacional no se encontró datos sobre investigaciones relacionadas; cabe resaltar que a nivel local se viene tratando aguas residuales domésticas con estos microorganismos de manera experimental y no cuentan con datos de referencia solo los que se puede percibir por los sentidos y las experiencias contadas por los trabajadores.

### **2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se aplicó la estadística descriptiva y experimental, como el promedio y los datos resultantes de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual doméstica.

Una vez procesada la información, se hará la interpretación de los resultados obtenidos, para lo cual se requiere comparar el resultado obtenido del análisis de la Temperatura, pH, turbidez, Sólidos suspendidos totales, Nitratos, fosfatos, DBO, DQO, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y Oxígeno disuelto, con el ECA de categoría 3 (riego de vegetales).

Analizar la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en cada uno de los parámetros investigados; y constatar si los resultados obtenidos han dado cumplimiento a lo planteado en los objetivos de la presente investigación.

## CAPITULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 RESULTADOS

En el presente capítulo se expone los resultados obtenidos, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, utilizando para dicha acción microorganismos eficaces, la investigación fue realizada en el fundo El Paraíso (zona rural), donde viven 06 personas.

##### 3.1.1 Determinación de los parámetros físico – químicos y microbiológicos

###### a) Agua Residual Doméstica sin tratamiento

A continuación se presentan valores de los análisis físicos, químicos y biológicos en el agua residual doméstica, procedentes de la primera muestra, sin adicionar microorganismos eficaces, con el fin de mostrar el contenido inicial de cada parámetro a analizar.

*Cuadro N° 03: Caracterización del agua residual doméstica sin tratamiento*

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Coliformes Termotolerantes	NMP	1200.0
Coliformes Totales	NMP	2120.0
Turbiedad	UNT	98.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.30
SST	mg/L	78.0
T°	mg/L	23.5
OD	mg/L	3.0
DBO	mg/L	320.0
DQO	mg/L	354.0

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos - 2014*

El cuadro 01, muestra los resultados del análisis de agua residual doméstica, realizado al tercer día que empezó a entrar en agua a la poza, cuando estaba completamente llena con los 2 m<sup>2</sup> de aforo, luego se selló el ingreso de agua.

Los resultados mostrados, son el punto de inicio del tratamiento con el cual se podrá medir la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces en tratamiento de aguas residuales domésticas

El análisis de Nitratos y fosfatos se realizó IN SITU, utilizando un kit de nitratos y un kit de fosfatos para agua residual, que contiene la solución y el comparador con el cual realizar la prueba de cada parámetro, los resultados se muestran a continuación.

***Cuadro N° 04: Caracterización del agua residual doméstica sin tratamiento***

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Fosfatos	mg/L	1.0
Nitratos	mg/L	10.0

*Fuente: Elaboración propia – 2014*

La caracterización inicial del ARD permitió determinar las concentraciones en las cuales se encontraban los parámetros fisicoquímicos y biológicos evaluados durante el estudio.

De igual forma, teniendo en cuenta el conjunto de los valores de los parámetros se estableció que el ARD a tratar presentaba una concentración entre baja y moderada de contaminantes (tabla1), de acuerdo con Metcalf y Eddy (2003).

**b) Después de 15 días de la adición de los microorganismos eficaces**

Después de 15 días de adicionar los microorganismos eficaces al agua residual doméstica se tomó la segunda muestra, los resultados se muestran a continuación.

*Cuadro N° 05: Caracterización del agua residual doméstica a los días 15 días de adicionar los microorganismos eficaces*

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Coliformes Termotolerantes	NMP	957.0
Coliformes Totales	NMP	2050.0
Turbiedad	UNT	62.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.20
SST	mg/L	55.0
T°	°C	22.8
Fosfatos	mg/L	0.60
Nitratos	mg/L	8.0
OD	mg/L	1.0
DBO	mg/L	135.0
DQO	mg/L	305.0

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

En el cuadro anterior, se evidencia los resultados de la segunda muestra que fue tomada a los 15 días de adicionar los microorganismos eficaces, de los 11 parámetros en estudio.

También cabe resaltar, que los olores característicos de las aguas residuales por la putrefacción de la materia orgánica, había disminuido en un 60%, debido que los EM detienen el proceso natural de putrefacción de la materia orgánica y la oxidan a ácidos grasos, (Cardona, J – 2008).



**c) Después de 30 días de la adición de los microorganismos eficaces**

Después de 30 días de adicionar los microorganismos eficaces al agua residual doméstica se tomó la tercera muestra, los resultados se muestran a continuación.

*Cuadro N° 06: Caracterización del agua residual doméstica a los días 30 días de adicionar los microorganismos eficaces*

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Coliformes Termotolerantes	NMP	820.0
Coliformes Totales	NMP	1930.0
Turbiedad	UNT	40.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.35
SST	mg/L	50.0
T°	°C	22.3
Fosfatos	mg/L	0.50
Nitratos	mg/L	5.0
OD	mg/L	2.0
DBO	mg/L	120.0
DQO	mg/L	290.0

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

El cuadro 04, muestra los resultados de la tercera muestra que fue tomada a los 30 días de adicionar los EM, de los 11 parámetros en estudio.

Dentro del día 20 al 30 después de la adición de los microorganismos eficaces, el olor del agua residual desapareció por completo, dato que nos indica que los EM, han logrado el objetivo de detener la putrefacción de la materia orgánica y están degradándola mediante la oxidación.

**d) Después de 45 días de la adición de los microorganismos eficaces**

A los 45 días de la adición de microorganismos eficaces, se tomó la última muestra, los resultados se muestran a continuación.

*Cuadro N° 07: Caracterización del agua residual doméstica a los días 45 días de adicionar los microorganismos eficaces*

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
Coliformes Termotolerantes	NMP	525.0
Coliformes Totales	NMP	1000.0
Turbiedad	UNT	35.0
pH	Potencial de Hidrógeno	6.7
SST	mg/L	40.0
T°	°C	22.8
Fosfatos	mg/L	0.45
Nitratos	mg/L	4.0
OD	mg/L	2.5
DBO	mg/L	98.0
DQO	mg/L	210.0

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

El cuadro anterior muestra los resultados de la cuarta muestra que fue tomada a los 45 días de adicionar los microorganismos eficaces, de los 11 parámetros en estudio.

El olor había desaparecido y se culminó las muestras sin olores molestos.

❖ **Parámetros físicos, determinados de acuerdo a la frecuencia y repeticiones**

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los análisis físicos que se realizó al agua residual doméstica de acuerdo a la frecuencia y repeticiones establecidas en la metodología de la investigación.

**TURBIEDAD**

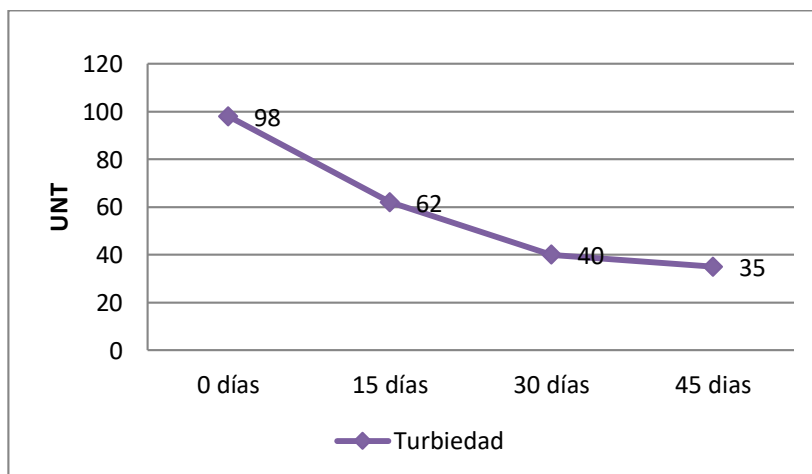
La turbidez es causada por finas partículas de mineral en suspensión, biomasa y burbujas que impiden el paso de la luz a través del agua (Gray, 1996).

***Cuadro N° 08: Frecuencia y repeticiones del parámetro turbiedad***

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Turbiedad	NMP	98	62	40	35	

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

***Grafica N° 01: Frecuencia y repeticiones del parámetro turbiedad***



*Fuente: Cuadro N° 08*

Realizando una comparación de los resultados obtenidos en los diferentes muestreos realizados, se observa que la turbiedad, conforme va pasando los días de tratamiento va disminuyendo notoriamente de, 98 UNT que contenía inicialmente a 35 UNT al término del tratamiento, es así que, a los 45 días de tratamiento presenta una remoción de 64.29% de turbiedad, esto debido a que los microorganismos se alimentan de sustancias en suspensión que contiene el agua residual doméstica; (Fioravanti, 2005), afirma que la cantidad de lodos que produce normalmente una planta de tratamiento disminuye, en la presente investigación también se logró evidenciar al momento de desmontar la infraestructura, se encontró en el fondo una mínima cantidad de sólidos decantados.

Para la turbiedad la norma no establece valores de Límite Máximo Permisible, ni Estándar de Calidad Ambiental, sin embargo, en la presente investigación se tomó en cuenta porque es indispensable que el efluente presente una turbiedad aceptable ante la vista de los pobladores que viven a orillas de las cuencas donde se descarga el agua residual tratada, con la finalidad de no tener conflictos sociales; además, es importante ya que interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos, contamos con un agua con una concentración menor a 100 UNT, la cual su transparencia se acerca a 1 metro de profundidad; esta agua es aceptable a vista de cualquier espectador.

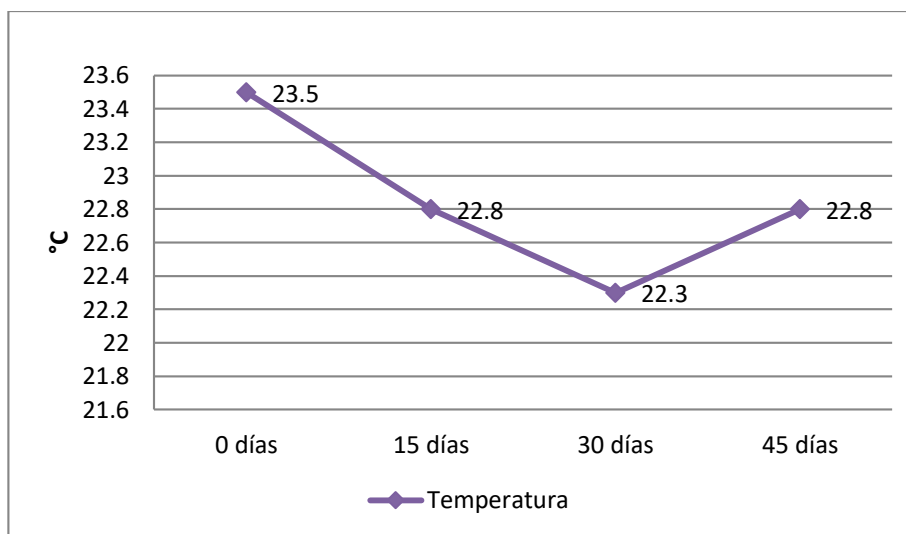
## TEMPERATURA

*Cuadro N° 09: Frecuencia y repeticiones del parámetro Temperatura*

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Temperatura	°C	23.5	22.8	22.3	22.8	

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

*Grafica N° 02: Frecuencia y repeticiones del parámetro Temperatura*



*Fuente: Cuadro N° 09*

La Grafica 04, muestra los resultados de los análisis realizados a los 0 días, 15 días, 30 días y 45 días, del parámetro temperatura, donde se observa que hay una disminución menor a 1°C, a los 15 días de tratamiento, luego disminuye 0,5°C a los 30 días, para luego incrementar 0,5°C al culminar el tratamiento.

La temperatura de las aguas residuales es mayor a la de las aguas no contaminadas debido a la energía liberada durante las reacciones bioquímicas que se presentan en la degradación de la materia

orgánica (Jaramillo y Arias, 2001).

Los valores mostrados en la gráfica en los cuatro muestreos, se encuentran por debajo del rango establecido por el Límite Máximo Permisible para Efluentes de Plantas de Tratamiento o Municipal, de ésta manera se encuentra apta para su descarga en cualquier cuerpo receptor.

Sin embargo, no existe valor con respecto al Estándar de Calidad Ambiental de categoría 3, pero al encontrarse muy lejos del LMP, se recomienda su uso en la agricultura.

❖ **Parámetros químicos, determinados de acuerdo a la frecuencia y repeticiones**

**POTENCIAL DE HIDROGENO**

Se refiere a la actividad del ión hidronio H<sup>+</sup> expresada en moles por litro.

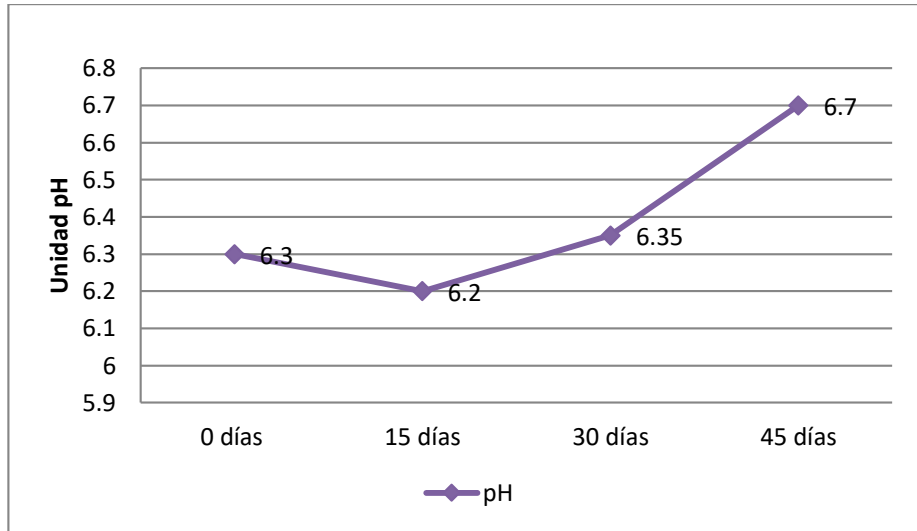
La concentración del ión hidrógeno inadecuado en un agua residual indica que es difícil su tratamiento por procesos biológicos.

*Cuadro N° 10: Frecuencia y repeticiones de parámetro Potencial de Hidrógeno*

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Potencial de Hidrógeno	Unidad pH	6.3	6.2	6.35	6.7	

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

**Grafica N° 03: Frecuencia y repeticiones del parámetro Potencial de Hidrógeno**



*Fuente: Cuadro N° 10*

Es uno de los parámetros que influye en el tratamiento de las aguas residuales con microorganismos eficaces, de tal modo que en la presente investigación se obtuvo valores cercanos a la neutralidad, y con una ligera inclinación a aumentar el pH.

El pH óptimo de las aguas residuales destinadas a tratamiento biológico debe estar entre 6,5 y 8.5, es decir entre neutra y casi alcalina donde existe la vida biológica. También menciona que aguas residuales con valores de pH menores a 5 y mayores a 9 son difíciles de tratar por procedimientos biológicos.

En este parámetro según los reportes de los análisis no se observó un efecto de la aplicación de EM ya que los valores son cercanos desde el inicio del tratamiento (6.3) al finalizar el tratamiento con (6.7), muestra que el pH se mantiene.

El color del agua se tornó color café claro y no se percibía olor alguno.

Según (Fioravanti, 2005), quien evaluó a los microorganismos eficaces como estabilizador de agua residual y lodos sépticos y en cuyo trabajo se presentó una disminución en el pH de 6.3 a 4.5 y el color del agua residual se tornó un color café - caramelo, eliminando el 99% de los coliformes fecales y totales, esto fue por la condiciones del estudio, así como de la composición del agua residual.

Sin embargo Roldan (2007), afirma que los valores de pH no presentaron diferencias estadísticamente significativas, pero si reporta la disminución de los coliformes en sus poblaciones, esto afirma que el comportamiento de los microorganismos eficaces es diferente de acuerdo a las condiciones del estudio y las características de composición del agua residual a tratar.

Al día 45, el agua residual tratada presenta un pH óptimo, que se encuentra dentro de los rangos de aceptabilidad de los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento o Municipales y ECA de categoría 3, determinando así que se encuentra apta para su descarga al ambiente y el riego de vegetales.

### **FOSFATOS Y NITRATOS**

El nitrógeno, por medio de reacciones biológicas puede ser transformado en nitratos, éste es muy móvil en el suelo y en el agua, éstas descargas de nutrientes en forma de nitrógeno en el agua favorecen el crecimiento de algas causando eutrofización, aumento de la DBO y toxicidad en peces por amonio.

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, este favorece el



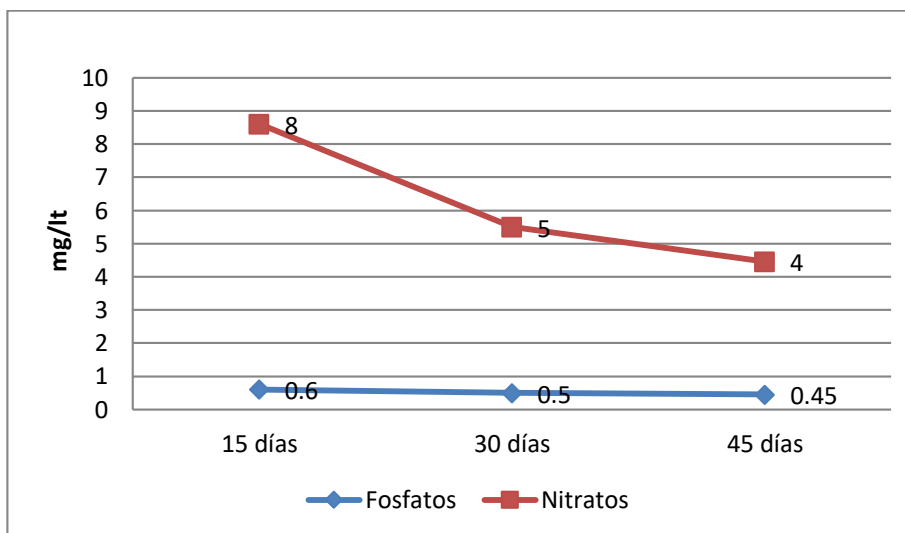
crecimiento de la vida acuática no deseada y puede contaminar el agua subterránea.

**Cuadro N° 11: Frecuencia y repeticiones de los parámetros Fosfatos y Nitratos**

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Fosfatos	mg/l		0.6	0.5	0.4	
Nitratos	mg/l		8.0	5.0	4.0	

Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014

**Grafica N° 04: Frecuencia y repeticiones de los parámetro Fosfatos y Nitratos**



Fuente: Cuadro N° 11

La Grafica 05, muestra los resultados de los análisis realizados a los 0 días, 15 días, 30 días y 45 días, de los parámetros fosfatos y nitratos.

Para evaluar la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces, se tomó como punto de inicio el día 15, por que el día cero se realizó el análisis con método diferente (kit) a los siguientes análisis realizados; los nitratos y fosfatos fueron removidos en un 50% y 25% respectivamente.

Las altas concentraciones de fosfatos presentes en el agua residual son una de las principales causas de eutrofización que afecta negativamente a los cuerpos de agua, debido a que es un nutriente que facilita el enraizamiento de las plantas.

Se considera un agua residual doméstica con alta concentración de fósforo orgánico, aquellas con más de 5 mg/l (Metcalf y Eddy, 2003), por lo que nos encontramos con un agua por debajo de esta concentración desde el inicio del tratamiento (1 mg/l), esto se debe a las condiciones y particularidades que se presentó al momento de realizar la investigación, en la vivienda donde se instaló el sistema se tenía el hábito de botar fuera del sistema a las aguas provenientes del lavado de ropa y utensilios de cocina, teniendo en cuenta que gran parte de los fosfatos encontrados en el agua residual doméstica proveniente de los detergentes utilizados para dichas actividades.

Los fosfatos inicialmente tenían 1 mg/l de concentración y disminuyó 0.45 mg/l, esto puede deberse a que los microorganismos utilizan pocas cantidades de fosfatos en su metabolismo.

El nitrato es usado como aceptor de electrones en condiciones de anaerobiosis y se forman por oxidación, por lo que favorece los procesos de reducción como la desnitrificación, en donde se emplea el nitrato como aceptor de electrones causando una disminución en la concentración del mismo; esto se corroboró con los resultados

obtenidos para el oxígeno disuelto, puesto que se considera hipoxia, cuando las concentraciones es menor a 2mg/l, por lo tanto se considera que principalmente se llevó a cabo procesos de desnitrificación (Cardona, J y García, L, 2008), y se vio favorecida la formación de nitrógeno gaseoso (desnitrificación) debido al consumo del mismo por parte de los microorganismos en su respiración a lo que se llama reducción desasimilatoria (Fioranti, 2005).

Según los resultados de los análisis entre el día 15 y el día 30, el agua presenta una concentración de oxígeno disuelto menor a 2 mg/l, y la disminución de nitratos es de 8mg/l a 5mg/l, representando así que en estos 15 días, los nitratos disminuyeron en un 50% del total que disminuyó durante el tratamiento.

Comparando las concentraciones de los parámetros fosfatos y nitratos, después del tratamiento, con los Estándares de Calidad Ambiental de categoría 3, estos se encuentran por debajo de lo establecido en dicha norma, por lo tanto el agua puede ser utilizada en el riego de vegetales,

Cabe mencionar que no existe Límite Máximo Permisible para estos parámetros, esto quiere decir que puede ser descargado al ambiente sin ningún inconveniente.

### **SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

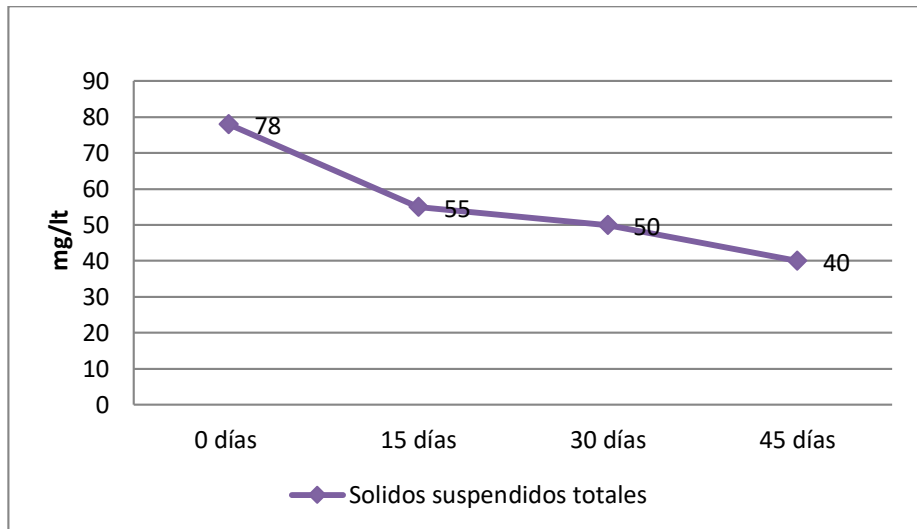
Son materiales particulados que pueden ser sedimentables fácilmente aunque hay unos que no lo son (Metcalf y Eddy, 2003).

**Cuadro N° 12: Frecuencia y repeticiones del parámetro Sólidos Suspendedos Totales**

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	78.0	55.0	50.0	40.0	

Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014

**Grafica N° 05: Frecuencia y repeticiones del parámetro Sólidos Suspendedos Totales**



Fuente: Cuadro N° 12

La gráfica anterior muestra la evolución del tratamiento con respecto a los sólidos suspendidos totales, en la cual se observa la variación de las concentraciones del contaminante conforme van pasando los días de adición de los microorganismos eficaces.

Los microorganismos eficaces lograron remover la materia orgánica en un 48,72%; pero la mayor efectividad se obtuvo en los primeros 15 días de tratamiento, ya que se logró remover el 61% del total removido en los 45 días de retención del agua residual.

El tratamiento con microorganismos eficaces se caracteriza por la resultante formación de un medio antioxidante, el mismo que promueve una separación líquido – sólida. A diferencia de los procesos oxidativos con el EM hay una mejor y más rápida división y precipitación de los sólidos sedimentables. Este parámetro se ideó originalmente para medir la concentración de la materia sólida presente en las aguas residuales, sin embargo la prueba de DBO evalúa de manera mucho más exacta la concentración de estos materiales (Fioravanti, 2003).

En el caso de los sólidos suspendidos totales, no existe valores de Estándar de Calidad Ambiental, pero si establece la norma el Límite Máximo Permisible equivalente a 150 mg/l; Como se observa en el grafico el agua residual doméstica tratada con microorganismos eficaces, al día 45 presenta 40 mg/l, de tal manera que es aceptable para ser descargada el cualquier cuerpo receptor, además, es apta para el uso agrícola.

### **OXIGENO DISUELTO**

El oxígeno disuelto es necesario para el mantenimiento de la vida acuática. Los requerimientos de oxígeno para la conservación de los seres vivos dependen de la temperatura, presión, contenido de sales y la presencia de sustancias químicas oxidables en condiciones acuáticas específicas (Jaramillo y Arias, 2001).

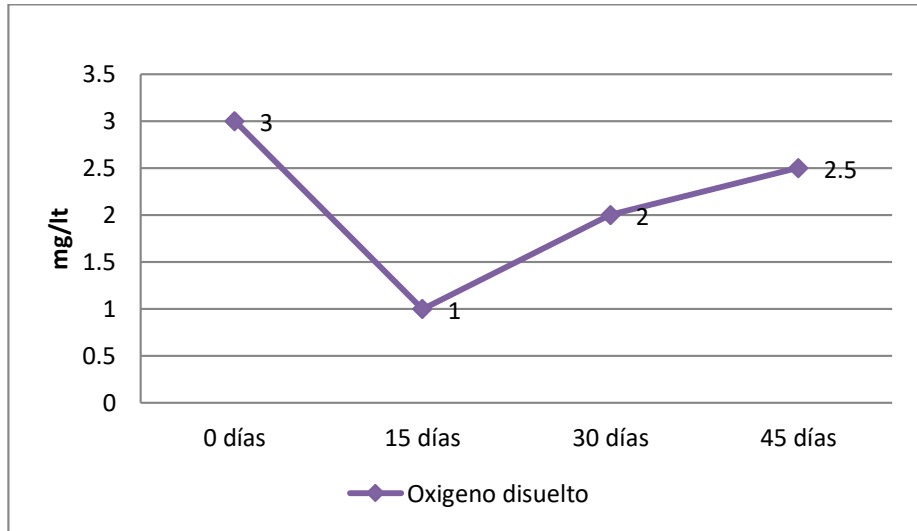
*Cuadro N° 13: Frecuencia y repeticiones del parámetro Oxígeno Disuelto*

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	

		0 días	15 días	30 días	45 días
Oxígeno Disuelto	mg/l	3.0	1.0	2.0	2.5

Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014

**Grafica N° 07: Frecuencia y repeticiones del parámetro Oxígeno Disuelto**



Fuente: Cuadro N° 13

Los análisis realizados con una frecuencia de 15 días, muestran la variación de éste parámetro con respecto al tiempo; el tratamiento se inició con 3 mg/l de oxígeno disuelto, el cual disminuyó a 1 mg/l a los 15 días de adicionar microorganismos eficaces, luego fue ascendiendo y al culminar el tratamiento se obtuvo 2.5 mg/l de oxígeno disuelto en el agua residual doméstica.

Los cambios del oxígeno disuelto durante el estudio se deben a la dinámica presentada por el oxígeno, la cual resulta de la interacción de tres factores: solubilidad limitada, rápido consumo y bajas tasas de reemplazo, (Cardona, J y García, L, 2008).

Los Límites Máximos Permisibles para efluentes procedentes de plantas de tratamiento de agua residual no designan valores de aceptabilidad para el parámetro oxígeno disuelto, por lo tanto se puede descargar al ambiente sin inconveniente alguno.

Sin embargo el Estándar de Categoría 3, establece un valor de  $\geq 4$  mg/l, y al compararlo con los resultados de la presente investigación muestran que no se ha logrado alcanzar el nivel aceptable, debido a que a los 45 días de tratamiento el agua residual doméstica presenta 2.5 mg/l de oxígeno disuelto.

Es preciso resaltar que el agua detenida tiende a disminuir los niveles de oxígeno disuelto, a esto se suma la actividad microbiana y las múltiples reacciones y procesos de respiración de los microorganismos presentes.

### **DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO**

La DBO se define como una medida de materia orgánica presente en el agua que está determinada por la medición del oxígeno necesario para la degradación de materia orgánica por vía biológica.

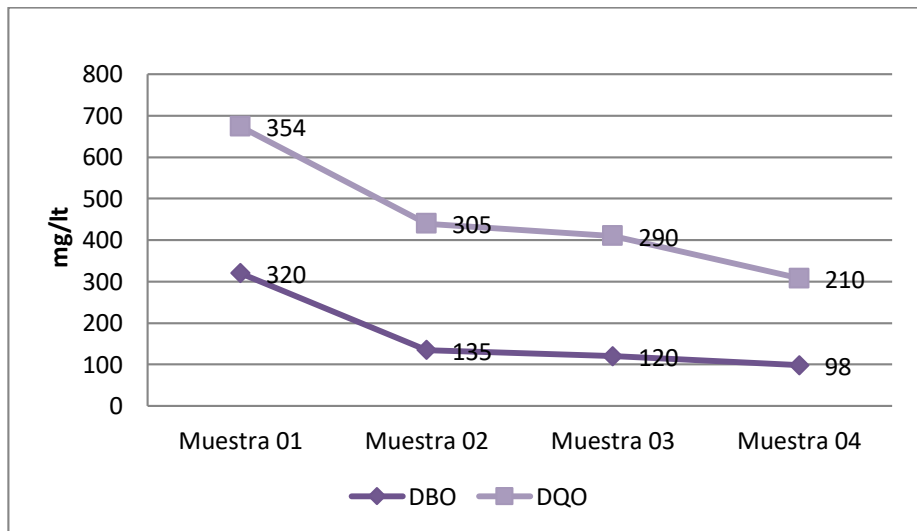
La DQO es una medida indirecta de la materia orgánica presente en el agua y se define como la cantidad de un oxidante químico fuerte (ácido crómico) reducido por un residuo orgánico expresado en términos en su equivalencia de consumo de oxígeno.

**Cuadro N° 14: Frecuencia y repeticiones de los parámetros DBO y DQO**

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Demanda Biológica de Oxígeno	mg/l	320.0	135.0	120.0	98.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	354.0	305.0	290.0	210.0	

Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014

**Grafica N° 08: Frecuencia y repeticiones de los parámetros DBO y DQO**



Fuente: Cuadro N° 14

La Grafica 07, muestra los resultados de los análisis realizados a los 0 días, 15 días, 30 días y 45 días, de los parámetros DBO y DQO, donde se muestra que los microorganismos eficaces lograron depurar el agua en un 69,4% y 40,68% respectivamente.

La reducción de la DBO y DQO, está directamente relacionada con la adicción de microorganismos eficaces, para estos parámetros se evidenció un significativo descenso de la concentración de los



contaminantes, la DBO, mostró un comportamiento relacionado con la DQO durante el tratamiento con una tendencia a disminuir.

Comparando los resultados de los análisis realizados a las aguas residuales tratadas con microorganismos eficaces con los Límites Máximos Permisibles, estos se encuentran por debajo de lo establecido en la norma, demostrando así su eficiencia y la aceptabilidad del efluente para ser descargado el cualquier cuerpo receptor.

Si comparamos los datos mostrados en la gráfica 07, con los Estándares de Calidad Ambiental de categoría 3, estos se encuentran muy por encima de lo establecido en la norma.

❖ **Parámetros microbiológicos, determinados de acuerdo a la frecuencia y repeticiones**

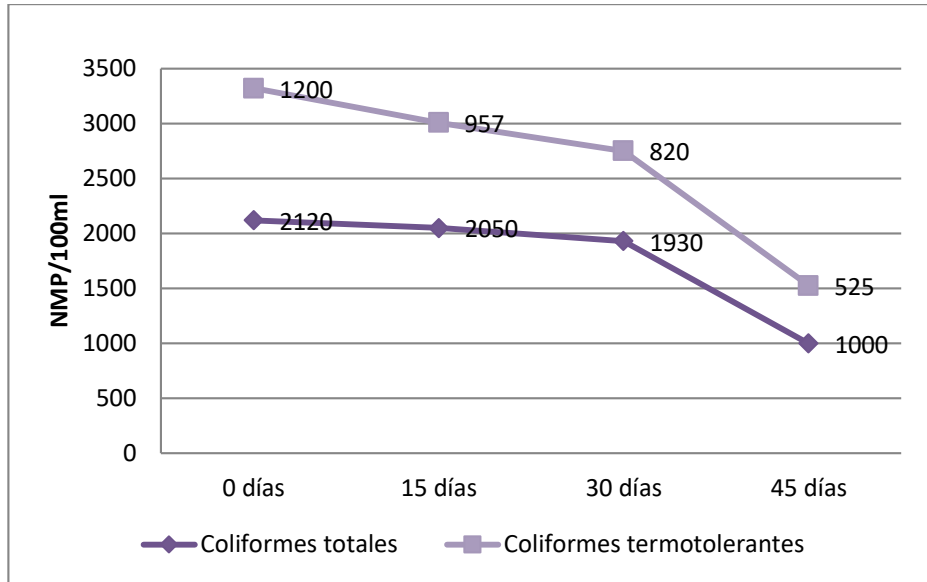
**COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

*Cuadro N° 15: Frecuencia y repeticiones de los parámetros Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes*

PARÁMETRO	UND	SIN EM	CON EM			
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	
		0 días	15 días	30 días	45 días	
Coliformes Totales	mg/l	2120.0	2050.0	1930.0	1000.0	
Coliformes Termotolerantes	mg/l	1200.0	957.0	820.0	525.0	

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos – 2014*

**Grafica N° 09: Frecuencia y repeticiones de los parámetros Coliformes totales y coliformes termotolerantes**



*Fuente: Cuadro N° 15*

La Grafica 01, muestra los resultados de los análisis realizados a los 0 días, 15 días, 30 días y 45 días, de los coliformes totales y coliformes termotolerantes, se observa que ambos parámetros experimentan una disminución de la concentración de los contaminantes presentes en el agua residual doméstica. Los coliformes termotolerantes presentan un 56,25% de disminución de su concentración de carga microbiana y los coliformes totales presentan un 52,83% de disminución de carga microbiana. Además, se observa el mayor efecto de depuración de los microorganismos eficientes a los 45 días de adicción de los microorganismos eficaces a las aguas residuales domésticas.

Según (Cardona, J y García, L, 2008), los metabolitos producidos por los microorganismos presentes en el EM como ácidos, etanol y bacteriocinas, inhiben las poblaciones de patógenos de origen fecal debido a que se encuentran en contacto con estos microorganismos, y limitan su crecimiento desestabilizando el transporte a través de la

membrana al bloquear receptores o generar cambios en el equilibrio iónico.

Los microorganismos eficaces presentan un antagonismo de tipo amensalismo, frente a las bacterias productoras de ácido sulfhídrico y de metano, así como, coliformes totales y fecales, cuando se encuentra altas concentraciones de metabolitos difusibles (ácido láctico), y es importante el tiempo de contacto con el patógeno para que el tratamiento sea eficaz (Higa, T, 1993).

En la presente investigación, el tiempo de contacto fue de 45 días, en los cuales los microorganismos eficaces han logrado disminuir las concentraciones de los contaminantes; los resultados de los análisis de las diferentes fechas en la que se tomó la muestra, presentan un descenso significativo de los valores de coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Las concentraciones de los coliformes totales y coliformes termotolerantes no superan los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento, por lo tanto se encuentran aptas para su descarga en cualquier cuerpo receptor.

Con respecto al Estandar de Calidad Ambiental de Categoría 3, los coliformes totales y termotolerantes se encuentran por debajo del rango, por lo tanto el agua tratada con microorganismos eficaces, es apta para el riego de vegetales.

### 3.1.2 Obtención de Agua Depurada para Riego de Vegetales

Para verificar si el agua ha sido depurada, mediante la adición de microorganismos eficaces al agua residual doméstica y tener un contacto de 45 días, es necesario comparar los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental de categoría 3, el cual especifica los valores mínimos a cumplir para que el agua sea reutilizada para el riego de vegetales.

A continuación se muestra los resultados obtenidos al término del tratamiento de las aguas residuales con microorganismos eficaces, buscando depurar el agua y utilizarlo para riego de vegetales.

*Cuadro N° 16: resultados de los análisis al término del tratamiento del agua residual doméstica con microorganismos eficaces, comparados con el ECA de Categoría 3*

Análisis Físico Químico y Biológico			Muestra 04 A los 45 días	ECA Categoría 3
N°	Parámetros	Unidad		
01	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	525.0	2000(3)
02	Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000.0	5000(3)
03	Turbiedad	UNT	35.0	-----
04	pH	Unidad pH	6.7	6.5-8.4
05	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	40.0	----
06	Temperatura	°C	22.8	----
07	Fosfatos	mg/l	0.45	1.0
08	Nitratos	mg/l	4.0	10.0
09	Oxígeno Disuelto	mg/l	2.5	>=4

10	DBO	mg/l	98.0	15.0
11	DQO	mg/l	210.0	40.0

*Fuente: Análisis de agua por Anaquímicos y ECA de categoría 3*

El cuadro anterior muestra los resultados de los análisis realizados al agua residual doméstica tratada con microorganismos eficaces, a los 45 días de tratamiento.

El tiempo límite de contacto de microorganismos eficaces con el agua residual doméstica debe ser de 45 días ya que después de este tiempo los microorganismos presentes en el EM, se autodestruyen mediante mecanismos como la lisis, debido a que no encuentran nutrientes para su proliferación y desarrollo (Cardona, J y García, L, 2008).

Las concentraciones de los contaminantes en el agua residual doméstica habían disminuido notoriamente, excepto en pH que se mantuvo casi neutral, así como la temperatura y el oxígeno disuelto que sufrió variaciones y al final se culminó el proceso de tratamiento con 2.5 mg/l.

El Estándar de Calidad Ambientan ha fijado valores que deben ser cumplidos mínimamente si se desea dar algún tipo de uso al agua residual tratada, para el caso específico de la presente investigación se definió comparar los resultados con el ECA de categoría 3 (riego de vegetales).

De los once parámetros analizados, el ECA de categoría 3, solo establece valores para ocho de ellos: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, pH, Fosfatos, Nitratos, oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno; de los cuales cinco parámetros se encuentran por debajo del valor establecido y tres de ellos lo supera.

Los Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, pH, Fosfatos y Nitratos, son los parámetros que han sido removidos eficientemente y se ha logrado el objetivo de depurar el agua hasta encontrarse dentro de la aceptabilidad de la norma.

Sin embargo no ha sucedido lo mismo con el Oxígeno Disuelto el cual presenta una concentración de 2.5 mg/l y la norma establece  $\geq 4$  mg/l, del mismo modo la DBO y DQO muestra valores muy por encima de lo permitido.

Los Sólidos Suspendidos totales y la temperatura no presentan un valor límite, pero hemos visto conveniente monitorearlos y poder mostrar su evolución, y los resultados evidencian la capacidad de depuración de los microorganismos eficaces al disminuir la concentración de SST y mantener la temperatura la cual es de vital importancia si se está queriendo reutilizar el agua para el riego de vegetales.

Se tomó muestra de Turbiedad, aunque éste parámetro no está normado, pero es importante que el agua tenga un color aceptable a la vista de los pobladores que vivan cerca de un punto de descarga, además se debe tener en cuenta que turbiedades menores a 100 UNT muestran una transparencia mayor a 50 cm, en el presente estudio se logró obtener 35 UNT, la cual es aceptable para descargar sin ningún inconveniente.

Después de analizar el comportamiento de cada uno de los parámetros analizados, se observa que el agua residual doméstica tratada con microorganismos eficaces no cumple con el Estándar de Calidad Ambiental en todos los parámetros, pero si en más del 72% de los parámetros monitoreados.

## **DISCUSIONES**

### **Parámetros Físicos**

A los 45 días de tratamiento la turbiedad presento una concentración de 35 UNT; tal como se mencionó anteriormente para este parámetro no hay valor establecido en el ECA de categoría, sin embargo el ECA de categoría 1 (poblacional y recreacional), establece que las aguas menores a 100 UNT, pueden ser destinadas a la producción de agua potable mediante un tratamiento de potabilización convencional

La Temperatura, empezó con un valor de 23,5 °C y al término del tratamiento fue de 22,8 °C.

Según el Límite Máximo Permissible, la temperatura que se obtuvo como resultado en la presente investigación, se encuentra por debajo de lo establecido de <35 °C, por lo tanto es una agua apta para descargar el cualquier cuerpo superficial.

### **Parámetros Químicos**

El pH se mantuvo cercano a la neutralidad durante todo el tratamiento, se evidenció una pequeña variación de 6,3 a 6,7.

Este parámetro difiere a lo encontrado por (Fioravanti, 2005), quien evaluó a los microorganismos eficaces como estabilizador de agua residual y lodos sépticos y en cuyo trabajo se presentó una disminución en el pH de 6.3 a 4.5 y el color del agua residual se tornó un color café – caramelo.

Sin embargo Roldan (2007), afirma que los valores de pH no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Los análisis realizados al parámetro Fosfatos muestran una reducción del 25% de la concentración de éste contaminante, el cual se encuentra dentro de los parámetros de aceptación establecidos por el ECA de categoría 3.

Según (Metcalf y Eddy, 2003), el agua residual doméstica con alta concentración de fosfatos son aquellas que presentan una concentración mayor a 5 mg/l.

Cardona, J y García, L, 2008, reporta que no evidenció un efecto producido por microorganismos eficaces sobre los fosfatos presentes en el agua residual doméstica tratada en ninguna de las diferentes dosis utilizadas, ya que al finalizar la investigación la concentración de fosfatos oscilaba alrededor de 13 mg/l.

Los Nitratos disminuyeron su concentración de 8 mg/ a 4 mg/l, porque se llevó a cabo procesos de desnitrificación debido al consumo del mismo por parte de los microorganismos en su respiración a lo que se llama reducción desasimilatoria (Fioravanti, 2003).

El tratamiento con microorganismos eficaces tuvo éxito en la reducción de nitratos, que son considerados uno de los contaminantes de agua subterránea y superficial (Fioravanti, 2005).

En general, se observó para el nitrógeno, una relación con las bajas concentraciones de oxígeno presentes en el ARD empleada tras la adición de microorganismos eficaces, ya que la baja disponibilidad de oxígeno limitó los procesos aeróbicos de transformaciones de nitrógeno, como la nitrificación, evidenciado por la disminución en el tiempo de los nitratos, mientras que favoreció procesos de reducción como la desnitrificación, en donde se emplea el nitrato como aceptor de electrones y causó una disminución en la concentración del mismo. Lo anterior se corroboró con los resultados obtenidos para el OD, puesto que, se considera hipoxia, cuando la concentración de OD en el agua, como las obtenidas en este estudio, son menores a 2 mg/L, por lo cual,



se llevaron a cabo principalmente procesos de desnitrificación (Cardona, J y García, L, 2008).

Para los Sólidos Suspendidos Totales, los análisis realizados muestran una remoción del 48,72% de su concentración, obteniendo un valor aceptable de 40 mg/l.

(Cardona, J y García, L, 2008), afirma que no existieron diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales, tras la aplicación de microorganismos eficaces en el agua residual doméstica tratada.

Los Sólidos Suspendidos Totales disminuyeron después de dos semanas, el tratamiento con EM se caracteriza por la resultante formación de un medio antioxidante, el mismo que promueve una separación Líquido-Sólida (Fioravanti , 2003).

Las diferencias encontradas entre tratamientos fueron significativas ( $P \leq 0.05$ ), reportando la mayor reducción en los Sólidos Suspendidos Totales al utilizar los microorganismos eficaces. Existió efecto de reducción de 92% pasados dos meses después de su aplicación, así mismo un 78% de reducción sin utilizar microorganismos eficaces (M, TOC, 2012).

El Oxígeno disuelto tuvo una diferencia mínima ya que al inicio presento 3 mg/l y al término del tratamiento 2,5 mg/l.

Fue posible observar que las concentraciones de Oxígeno Disuelto disminuyeron en el tiempo, tanto para el control como para los tres tratamientos, existiendo diferencias significativas entre los días de estudio, más no entre el control y los diferentes tratamientos en cada evento de muestreo (Cardona, J y García, L, 2008).

Las concentraciones de OD presentadas al inicio del estudio oscilaron entre 1.6 – 2.0 mg/L O<sub>2</sub>, valores considerados bajos, si se tiene en cuenta que los niveles de OD típicamente pueden variar de 0 - 8 mg/L O<sub>2</sub>, siendo requerido un mínimo aproximado de 5 - 6 mg /L O<sub>2</sub> para soportar una diversidad de vida acuática (Cardona, J y García, L, 2008).

La presente investigación muestra que, la DBO tuvo una alta remoción de un 69,4%.

Con respecto al comportamiento de la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), esta se encontró, en general, relacionada con la adición de EM, y logró disminuir la BDO, hasta alcanzar valores de 49,8 mg/l (Cardona, J y García, L, 2008).

Se encontraron diferencias entre los tratamientos al aplicar los ME, comparado con el control. Hubo un efecto de reducción de la DBO de un 96% de los a los dos meses después de su aplicación (Toc M, 2012).

En el transcurso del tiempo la cantidad de BDO<sub>5</sub>, para los tratamientos con microorganismos eficaces, indico una reducción en la materia orgánica; la reducción fue significativa, para descargar esas aguas en el ambiente ya que alcanzó un porcentaje de remoción del 90%, (B, Reyes, 2005).

Para el parámetro DQO, los microorganismos eficaces disminuyeron la concentración del contaminante de 354 mg/l a 210 mg/l, aun así no alcanza el valor establecido en el ECA de categoría 3.

De igual modo, (B, Reyes, 2005), la reducción de DQO en los tratamientos con microorganismos eficaces fue significativa, pero no alcanzó los parámetros permisibles para ser descargado al ambiente.

La DQO no se vio afectada por la adicción de los EM, pues se observó una disminución de este parámetro para todos los tratamientos (Cardona, J y García, L, 2008).

Se encontraron diferencias en la DQO al emplear los ME, comparado con el control. Se tuvo un efecto de reducción de 97% a los dos meses posteriormente de su aplicación (Toc M, 2012).

### **Parámetros Microbiológicos**

Los Coliformes Totales y Termotolerantes, presentaron una disminución de un 56,25% y 52,83% respectivamente, de tal manera que los valores se encuentran por debajo de lo establecido en el ECA de categoría 3.

La tendencia de las densidades poblacionales de Coliformes Totales y Fecales, fue similar, presentándose en todos los casos recuentos mayores para los Coliformes Totales, debido a que éstos incluyen a los Coliformes Fecales. Para los recuentos de Coliformes Fecales, se observó una disminución significativa de las densidades poblacionales de los Coliformes Fecales en el día 45 con respecto al día 30, pero sin presentarse ninguna diferencia significativa de las densidades poblacionales de los tratamientos con respecto al control, a excepción del día 10.

(Fioravanti, 2003), reporta que la investigación realizada eliminó el 99% de los Coliformes Fecales y Totales, esto fue por la condiciones del estudio, así como de la composición del agua residual.

Debido a que en el país no se reportan datos de investigaciones de tratamiento de aguas residuales con microorganismos eficaces para uso agrícola, no es posible realizar la discusión a dichas investigaciones.

## CONCLUSIONES

- ✓ Turbiedad. Los resultados obtenidos de los análisis realizados muestran que al término del tratamiento la turbiedad presenta una disminución en su concentración en 64,29% de 98 a 35,0 UNT.
- ✓ La temperatura bajò de 23,5 °C a 22,8 °C, demostrando que mejoró la calidad del agua residual tratada con EM.
- ✓ Los parámetros químicos fueron removidos eficientemente, en la mayoría de los que fueron analizados, como: el pH presento valores cercanos a la neutralidad durante todo el tratamiento de 6,3 a 6,7; los Fosfatos disminuyeron en un 25% de 0,6 mg/l a 0,45 mg/l; los Nitratos fueron removidos en un 50% de 8 mg/l a 4 mg/l; para los Sólidos Suspendidos Totales el tratamiento presentó una eficiencia de 48,72%; para el oxígeno disuelto se obtuvo valores de 3 mg/l al inicio y 2,5 mg/l al término del tratamiento; la DBO fue altamente removida en un 69,4 % disminuyendo así de 320 mg/l a 98 mg/l y la DQO mostró una disminución del 40,68% de 354 mg/l a 210 mg/l.
- ✓ Los Coliformes Totales, fueron removidos en un 56,25%, disminuyendo así de 2 120 NMP/100ml a 1 000 NMP/100ml y los Coliformes Termotolerantes, disminuyeron en 52,83% de 1 200 NMP/100ml a 525 NMP/100ml.
- ✓ El olor característico de las aguas residuales desapareció completamente entre el día 20 al 30, demostrando así que los microorganismos eficaces son capaces de detener la putrefacción de la materia orgánica y descomponerla mediante la oxidación.
- ✓ En la presente investigación se concluye que, aplicando microorganismos eficaces, se logró obtener agua depurada, con un nivel de aceptabilidad 72.7% según el ECA categoría 3, a excepción del Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno,

Demanda Química de Oxígeno; la cual se encuentra apta para ser utilizada en el riego de vegetales.

- ✓ En conclusión la presente investigación ha demostrado que la capacidad de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas para riego de vegetales, es eficiente.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Para optimizar la remoción de la Turbiedad, se recomienda realizar un tratamiento preliminar para mejorar la disminución de concentración de sólidos suspendidos.
- ✓ Se recomienda utilizar el agua para el riego de vegetales ya que los parámetros que no cumplen no ponen en riesgo la vida humana y no altera el normal desarrollo de las plantas, debido a que son parámetros directamente relacionados con el oxígeno existente en el agua residual y para las plantas es muy fácil fijarlo y suplir la necesidad de oxígeno; Además los parámetros que no cuentan con valores establecidos presentan valores muy aceptables para reutilizar el agua para la agricultura.
- ✓ Implementar el presente sistema en viviendas rurales, donde no existe alcantarillado; además sea necesario reutilizar el agua tratada para el riego de vegetales.
- ✓ Es recomendable realizar una investigación, donde los resultados sean comparados con las aguas residuales tratadas por un tratamiento convencional, y verificar la eficiencia de la acción depuradora de este sinergismo de microorganismos, para evaluar la posibilidad de cambiar el tratamiento.
- ✓ Se debe ampliar los parámetros de evaluación, debido a que en la presente investigación solo se tomó los más representativos, con la finalidad de tener una mayor certeza de la acción de los microorganismos eficaces frente a los contaminantes de las aguas residuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ACARA. (2006: Buenos Aires). *Las levaduras algo sobre ellas*. Asociación de Cerveceros Artesanales de la República Argentina [en línea]: <[http://www.cervezasargentina.com.ar//Las\\_levaduras\\_algo\\_sobre\\_allas-htm](http://www.cervezasargentina.com.ar//Las_levaduras_algo_sobre_allas-htm)> [Consulta: 18 Mar 2007].
- ✓ ADAMS, M.R. 1986. *Progress in Industrial Microbiology*. Vol. 23. Ed. Elsevier. United States. 81pp.
- ✓ Atlas R. y Bartha R. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. 3ra ed .Madrid: Editorial Addison Wesley; 1998.
- ✓ BOARI, G., MANCINI, I., TRULLI, E. 1997. *Technologies for water y wastewater treatment*. Options Méditerranéennes. 31: 261-287
- ✓ BLUNDI, C.E. 1988. *Aplicação de métodos alternativos para a determinação de matéria orgânica em águas residuárias*. Dissertação Doutorado em Hidráulica e Saneamento. Universidad de São Carlos. Brasil. 329pp.
- ✓ Cardona, J y García, L. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Tesis de Pregrado para optar el título de Microbiólogo industrial. Facultad de Ciencias – Pontificia Universidad Javierana, Bogotá.
- ✓ CETINKAYA, G. ÓSTÜRK, A. 1999. *Biodegradation of homocyclic y heterocyclic aromatic compounds by Rhodopseudomonas palustis Strain*. Tukey journal of biology.23:507-511.

- ✓ DIEHL, S., y JEPPSSON, U. 1998. *A model of the settler coupled to the biological reactor*. Water research. 32(2): 331-342reactor.
  
- ✓ EARLY, R. 1998. *Tecnología de los productos lácteos. Cuarta edición*. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 459pp.
  
- ✓ ECKENFELDER, W., y GRAU, P. 1992. *Activated Sludge Process Design y Control: Theory y Practice*. First Edition. Editorial Technomic Pub. Co. USA. 317pp.
  
- ✓ ECKENFELDER, W. 2000. *Industrial water Pollution Control*. Third Edition. Editorial Mc Graw Hill. USA. 102pp.
  
- ✓ Fioravanti N, Vega C, Okumoto, J. (2005). *Eficiencia de los microorganismos eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola*. Revista de la Universidad EARTH. Tierra Tropical. Junio 2005 1(1): 69-76.
  
- ✓ Fioravanti N, Vega y otros (2003). *“Eficiencia de los microorganismos eficaces (em) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola”*. Tesis de Pregrado para optar el título de Ingeniero Agrónomo – Costa Rica.
  
- ✓ Gaudy, J., y Gaudy, E. 1971. *Biological Concepts for designy operaion of de Activated Slugde Process*. Report No. 17090, FQJ, 09/71. US EPA. Washington, D.C: us. Environmental Protection.
  
- ✓ García, J. (2006). *Comparación de la fertilización orgánica y convencional a partir del uso de microorganismos eficaces y químicos tradicionales sobre la producción de biomasa durante un ciclo de cosecha en un cultivo de rábano gordo (Rhapanus sativus L.)*. Revista Latinoamericana de Microbiología. 42:73-82



- ✓ Gray, N. *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*. 1era Edición. España: Editorial Acribia; 1996.
- ✓ HARVEY, W.B., DREU, S., WANG, D. 1985. *Comprehensive biotechnology, The practice of biotechnology: current commodity products*. Vol. 3. Ed. Pergamon Press. United States. 250pp.
- ✓ Hernández R. Fernández C. Baptista P, *Metodología de la Investigación*. 4ta ed. Mexico: Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2006.
- ✓ HOLT, J. 2000. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 9th edition. Editorial Lippincott Williams y Wilkins Eds. Philadelphia. 787pp.
- ✓ HIGA, T., y CHIEN., N. 1998. *EM Treatments of Odor, Waste Water, y Environmental Problems*. College of Agriculture, University of Ryukyus, Okinawa, Japan.
- ✓ Higa, T. *Una revolución para salvar la tierra*. Traducido por Del Mar Rivera. EMRO, España. 1993.
- ✓ HIGA, T., y PARR, J. 1994. *Beneficial y Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture Y environment*. International Nature Farming Venter. Atami. Japan. 17pp.
- ✓ HONDA, R., FUKUSHI, K., YAMAMOTO, K. 2006. *Optimization of wastewater feeding for single-cell protein production in an anaerobic wastewater treatment process utilizing purple non-sulfur bacteria in mixed culture condition*. Journal of biotechnology. 125: 265-273.
- ✓ Jaramillo A y Arias A. *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 2001.

- ✓ Jimeno E. *Análisis de Agua y Desagües*. 2da ed. Lima: Editorial Banco de Libros; 1998.
  
- ✓ JGI. (2005: California). *Rhodopseudomonas palustris*. [en línea]: <[http://genome.jgi-psf.org/finished\\_microbes/rhopa/rhopa.home.html](http://genome.jgi-psf.org/finished_microbes/rhopa/rhopa.home.html)> [Consulta: 03. Mar. 2007].
  
- ✓ KELLY, W.J., DAVEY, G.P., WARD, L.J.H. 1998. *Characterization of Lactococci isolated from minimally processed fresh fruit y vegetables*. International Journal of Food Microbiogy. 45: 85-92.
  
- ✓ KYUM, M., CHOI, K., YIN, C., LEE, K., WAN-TAEK, I., LIM, J., LEE, S. 2004. *Odorous swine wastewater treatment by purple non sulfur bacteria, Rhodopseudomonas palustris, isolated from eutrophicated ponds*. Biotechnology letters. 26: 819-822.
  
- ✓ MARA, D., y CAIRNCROSS, S. 1990. *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura: medidas de protección de la salud pública*. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 212pp.
  
- ✓ Marín, A y Aguilar, H. (2005). *Evaluación de la efectividad del sistema de tratamiento de lodos sépticos de la EARTH*. Tesis de Pregrado para optar el título de Ingeniero Agrónomo – Universidad EARTH, Costa Rica.
  
- ✓ MERCK. 2003. Manual de medios de cultivo. *Agar para Lactobacillus*. Según DE MANN, ROGOSA Y SHARPE. Barcelona, España. 126pp.
  
- ✓ Metcalf y Eddy. *Ingeniería de las aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. 3ra ed. España: McGRAW-HILL; 2003.

- ✓ MLIKOTA, F., SMILANICK, J.L., MANSOUR, M., MACKEY, B.E. 2004. Survival of spores of *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, y *Alternaria alternata* after exposure to ethanol solutions at various temperatures. *Journal of Applied Microbiology*. 96:1354-1360.
  
- ✓ NOVOTNY, V. 2003. Water quality: *Diffuse pollution y Watershed management*. Second Edition. Editorial John Wiley y sons, Inc. Boston. USA. 862pp.
  
- ✓ OKUDA, A., y HIGA, T. 2005. *Purification of wastewater with effective microorganisms y its utilization on agriculture*. APNAN, Thailly. 246 – 253.
  
- ✓ Orozco A, y Salazar A. (1989). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Medellín. Colombia.
  
- ✓ Quevedo U. Héctor y Pérez S. Blanca. *Estadística, para Ingeniería y Ciencia*. 1ra ed. México: Grupo Editorial Patria; 2008.
  
- ✓ RAMALHO, R. 1983. *Introduction to wastewater treatment processes*. Second Edition. Editorial. Academic Press. USA.1519pp.
  
- ✓ Reyes B, Yeomans J, C. Hernández, S. Okumoto (2005). *Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces*. Tesis de Pregrado para optar el título de Ingeniero Agrónomo – Universidad EARTH, Costa Rica.
  
- ✓ RODRIGUEZ-PALENZUELA P. 2000. *Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos*. XVI curso de especialización FEDNA. Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Madrid. España. 11pp.
  
- ✓ Roldan, F., Guevara, C., Puerto, R. (2007). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces EM® - EMRO en el tratamiento de agua residual*

- doméstica*. Unidad de saneamiento y biotecnología ambiental (USBA). Departamento de Biología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- ✓ Romero J. *Tratamiento de Aguas Residuales: Teorías y Principios de Diseño*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería; 2005.
  - ✓ SANGKKARA, U. 2002. *The technology of effective Microorganisms*. Case Studies of Application. Royal Agricultural College. Cirencester UK. Research Activities. [en línea]: <<http://www.royagcol.ac.uk/research/conferences/Sangkkara.htm>>[Consulta: 10 Dic. 2077].
  - ✓ SEOANEZ, M. 1996. *Aguas residuales urbanas, tratamientos naturales, de bajo costo y aprovechamiento, bajo costo de instalación, producción agraria y rentabilidad de uso*. Mundi-Prensa, Madrid. España. 251pp.
  - ✓ SUSTAINABLE COMMUNITY DEVELOPMENT. (2001: Kansas city). Efficient Microbes (EM): Product information y Usage [en línea] : <<http://www.em4life.com/user/emhybook.pdf>> [Consulta : 16 Ago. 2007]
  - ✓ Toc, M. (2012), *Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano, Honduras*. Tesis de Pregrado para optar el título de Ingeniero agrónomo. Facultad de Ciencia y Producción Agrícola – Escuela agrícola Panamericana, Zamorano.
  - ✓ Vivanco, A. (2003), *Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo*. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuario y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja. Ecuador.
  - ✓ WIDIDANA, G., y HIGA, T. 1997. *Model of Integrated Farming System with Effective Microorganisms (EM) Technology in Bali Isly*. Presented at 5th International Kyusei Nature Farming Conference, October 1997. Bangkok. Thailly. 22-26.



## ANEXOS 01



Foto N° 01: Tratamiento existente (tanque séptico y pozo percolador).



Foto N° 02: Selección del lugar para la construcción de la poza.



Foto N° 03: Reconocimiento del tratamiento existe y selección del lugar.



Foto N° 04: Realizando trabajos de excavación de la poza.



Foto N° 05: Agua residual.



Foto N° 06: Realizando la prueba de fosfatos.





Foto N° 07: Realizando la prueba de fosfatos.



Foto N° 08: Colocando los EM1 a una bombilla.



Foto N° 09: Inoculando los EM1.



Foto N° 10: Cobertura de techo y paredes de la poza.



Foto N° 11: Realizando la toma de muestra.



Foto N° 12: Realizando la toma de muestra.

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON  
Jefe (e)  
Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

## AMBIENTE

### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO  
N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental –DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

#### Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, 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 y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

#### Artículo 2°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

**El Peruano**  
DIARIO OFICIAL

### REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe)

LA DIRECCIÓN



ANEXO I

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	>= 6	>= 5	>= 4	>= 5	>= 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>90</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BETX</b>						



PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno -- 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno -- 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno -- 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos -- 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno -- 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
<b>Plaguicidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)*:</b>						
Aldrin -- 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrin -- 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrin -- 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro -- 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos:</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloruros Bifenilos Totales</b>						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

\* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

**CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS**

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
<b>ORGANOLÉPTICOS</b>				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
<b>FISICOQUÍMICOS.</b>				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	>=3	>=2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	cebíus	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
<b>INORGÁNICOS</b>				
Amoniaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0093	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1



PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Mercurio total	mg/L	0,0094	0,0001	0,0001
Níquel total	mg/L	0,0082	0,1	0,1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/L	0,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si-Si O <sub>3</sub> )	mg/L	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/L	0,081	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤88 (área restringida)		

NMP/ 100 mL Número más probable en 100 mL

\* Área Aprobada : Áreas de dónde se extraen ó cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana ó animal, de organismos patógenos ó cualquier sustancia deletérea ó venenosa y potencialmente peligrosa.

\* Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados

\*\* Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine

\*\*\* La temperatura corresponde al promedio mensual multianual del área evaluada.

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	UNIDAD	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
<b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b>			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Fisicoquímicos</b>			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50	
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>Inorgánicos</b>			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Niquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
<b>Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
<b>Plaguicidas</b>			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	



Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro ( N° CAS 76-44-8) y heptacloripóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
<b>Biológicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	

**NOTA :**

**NMP/100:** Número más probable en 100 mL.

**Vegetales de Tallo alto:** Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo; Forestales, árboles frutales, etc.

**Vegetales de Tallo bajo :** Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbáceo, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo ( 10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

**Animales mayores:** Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

**Animales menores:** Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

**SAAM:** Sustancias activas de azul de metileno

**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	-----
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	-----
Clorofila A	mg/L	10	-----	-----	-----	-----
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		-----	-----
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	-----	-----	-----	-----	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno ( H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

**NOTA :** Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

**Dureza:** Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

**Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

**Amonio:** Como NH3 no ionizado

**NMP/100 mL:** Número más probable de 100 mL.

**Ausente:** No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.