



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCION DE POSGRADO



PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCION EN GESTION AMBIENTAL

**“PROPUESTA DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL, MEDIANTE EL
PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN, COMO TRATAMIENTO DE
AGUAS SERVIDAS DEL RECREO TURÍSTICO “EL RANCHO”-
MORALES”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE
EN CIENCIAS CON MENCION EN GESTION AMBIENTAL**

ARQ. PABLO CIRO SIERRALTA TINEO

TARAPOTO-PERÚ

OCTUBRE 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCION DE POSGRADO



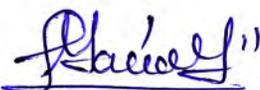
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCION EN GESTION AMBIENTAL

“PROPUESTA DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL, MEDIANTE EL PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN, COMO TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DEL RECREO TURÍSTICO “EL RANCHO”- MORALES”

APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR

ING. M.Sc. CÉSAR ENRIQUE CHAPPA SANTA MARÍA
PRESIDENTE

ING. M.Sc. JAVIER ORMEÑO LUNA
SECRETARIO



ING. M.Sc. PATRICIA ELENA GARCÍA GONZÁLES
MIEMBRO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

SECCION DE POSGRADO

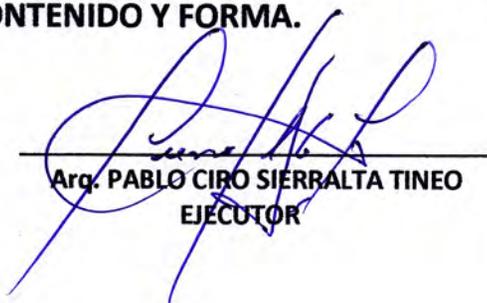


PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCION EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

“PROPUESTA DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL, MEDIANTE EL PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN, COMO TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DEL RECREO TURÍSTICO “EL RANCHO”- MORALES”

EL SUSCRITO DECLARA QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES ORIGINAL, EN SU
CONTENIDO Y FORMA.


Arg. PABLO CIRO SIERRALTA TINEO
EJECUTOR


Blgo. M.Sc. GILBERTO ASCÓN DIONICIO
ASESOR

DEDICATORIA

*A mis padres que están en el cielo,
a mi esposa Matilde, mis hijos Nuria y Ciro
que me brindaron todo el amor, apoyo y
comprensión, lo cual hizo posible
cumplir mis aspiraciones.*

AGRADECIMIENTO

***A Dios, por todas
las bendiciones que diariamente
me da para ser útil a la sociedad.***

***A mis amigos que siempre
estuvieron pendientes en la
culminación del presente estudio
y en especial a mi Asesor Biólogo
M.Sc. Gilberto Ascón Dionicio.***

RESUMEN

Los tratamientos de aguas residuales, involucran a diferentes tipos de microorganismos como bacterias, hongos, algas y plantas acuáticas conocidas como macrófitas flotantes y peces como en éste caso, han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de material orgánico y sustancias tóxicas como Arsénico, Zinc, Cobre, Cromo y Mercurio. Su importancia radica en su capacidad para ser utilizadas principalmente en Comunidades rurales y Residencias, debido a su bajo costo y a la facilidad para su instalación y operación de los sistemas de tratamiento.

Con el presente trabajo se pretende contribuir a la restauración del río cumbaza mediante el proceso de biorremediación consistente en la aplicación de un sistema de infraestructura (Tanque séptico, Estanque de restauración y Tanque con agua a ser reutilizada) y la inoculación de plantas acuáticas regionales como *Lemna minor* (lentejita de agua), *Pistia stratiotes* conocida como (lechugilla, o Jacinto de agua) y peces como la (tilapia) *Oreochromis niloticus*, presentes en el agua del Recreo Turístico y de algunas piscigranjas de la zona. Así como también bacterias y protozoarios propios del Recreo Turístico “El Rancho”.

Los resultados del presente proyecto, han sido obtenidos mediante la aplicación del método descriptivo, analítico y comparativo, de acuerdo a la información tomada de campo mediante muestreos aleatorios insitu y laboratorio, con identificación y reconocimiento de factores contaminantes, análisis de agua y medios contaminados que forma parte del sistema de infraestructura del Recreo Turístico en mención.

SUMMARY

The treatments of residual waters, they involve to different types of microorganisms like bacteria, fungi, algae and water plants known like macrofits floating and fish as in this one I marry, they have demonstrated to be efficient in the water remediation with contents of organic material and toxic substances as Arsenic, Zinc, Copper, Chrome and Mercury. His importance takes root in his aptitude to be used principally in rural Communities and Houses, due to his low cost and the facility for his installation and operation of the systems of treatment.

With the present work it is tried to contribute to the restoration of the river Cumbaza by means of the process of biorremediation consisting of the application of a system of infrastructure (Tank séptico, Reservoir of restoration and Tank by water to being re-used) and the inoculation of regional water plants as Lemna minor (lentejita of water), Pistia stratiotes known like (lechugilla, or Water hyacinth) and fish as the (tilapia) Oreochromis niloticus, presents in the water of the Tourist Playtime and of some piscigranjas of the zone. As well as also bacteria and own protozoans of the Tourist Playtime "The Mess".

The results of the present project, insitu and laboratory have been obtained by means of the application of the descriptive, analytical and comparative method, of agreement to the information taken of field by means of random samplings, with identification and recognition of factors pollutants, analysis of water and means contaminated that forms a part of the system of infrastructure of the Tourist Playtime in mention.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
	2.1. Agua Residual.....	6
	2.1.1. Aguas Residuales Domésticas	6
	2.1.1.1. Calidad del agua residual doméstica.....	7
	2.1.1.2. Parámetros Biológicos.....	7
	2.1.1.3. Papel de los microorganismos en aguas Residuales.....	9
	2.1.1.4. Parámetros físicos y químicos.....	11
	2.2. Biorremediación.....	13
	2.3. Impactos Negativos que causan las Aguas Residuales.....	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
	3.1. Material Biológico.....	18
	3.1.1. Otros materiales y equipos.....	18
	3.2. Planos de Tratamiento de aguas residuales.....	19
	3.3. Toma de muestras y Análisis microbiológicos.....	23
	3.3.1. Análisis microbiológicos.....	24
	3.4. Análisis Físicos y Químicos del Agua.....	25
	3.5. Inoculación de organismos restauradores.....	25
	3.6. Método Estadístico.....	25
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
	4.1. Análisis Microbiológicos.....	27
	4.2. Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua.....	31
	4.2.1. Niveles de Oxígeno disuelto en mg/l	31
	4.2.2. Niveles de Bióxido de Carbono CO ₂ mg/l	32
	4.2.3. Niveles de Alcalinidad en mg/l	33
	4.2.4. Niveles de Dureza Total mg/l	34
	4.2.5. Niveles de pH	35
	4.2.6. Niveles de Temperatura °C	36
	4.2.7. Escalas sugeridas para Aguas con fines de Riego-Infoagro.....	37

4.2.8. Cuadro Comparativo	38
4.2.9. Análisis de Aguas	39
4.2.10. Análisis de Aguas y Conductividad	40
4.2.11. Escalas de Interpretación para Aguas	41
4.3. Digestión Anaerobia e inoculación de organismos restauradores.....	42
4.3.1. Digestión Anaerobia.....	42
4.3.2. Inoculación de organismos restauradores.....	42
4.3.2.1. Plantas acuáticas utilizadas.....	44
4.3.2.2. Peces utilizados.....	49
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VII. ANEXOS.....	55
7.1. Anexo 1- Vistas Fotográficas.....	56
7.2. Anexo 2- Resultados de recuento	67
7.3. Anexo 3-Tabla de Lectura	69
7.4. Anexo 4-Tabla de Lectura.....	70
7.5. Valores de referencia estándares.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

1.- Parámetros fisicoquímicos más importantes relacionados con la calidad del agua residual doméstica.....	12
2.- Datos del análisis microbiológico de muestras de agua.....	24
3.- Resumen del análisis microbiológico de las muestras de agua...	28
4.-Escalas sugeridas para aguas con fines de riego-Infoagro.....	35
5.-Cuadro comparativo.....	36
6.-Análisis de Aguas.....	37
7.-Análisis de Aguas y conductividad.....	38
8.-Escalas de Interpretación para aguas.....	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Tendencia del comportamiento de los Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables (MAMV) en los diferentes lugares del proceso de restauración hasta su utilización.....	29
2. Niveles de Oxígeno disuelto (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.....	29
3. Niveles de Bióxido de Carbono CO ₂ (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.....	30
4. Niveles de Alcalinidad (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico “El Rancho”	31
5. Niveles de Dureza Total (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico “El Rancho”	32
6. Niveles de pH, en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.....	33
7. Niveles de Temperatura (°C), en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.....	34

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas ambientales más graves en la actualidad, es sin duda la contaminación del agua derivadas por el consumo humano y otras, esto se debe a múltiples causas, las mismas que se presentan en formas muy diversas y difíciles de prever. Este problema está directamente relacionado con los cambios demográficos, y a medida que las poblaciones crecen a través de los asentamientos humanos, las migraciones, las industrias, la súper población ha generado descontrol frente a las diferentes necesidades que esto deriva a las autoridades locales, sobre todo el agua; elemento primordial para el ser humano y otros, originando cambios físicos, químicos y biológicos en el agua, obteniéndose grandes masas de agua contaminada.

Las aguas residuales son aquellas que han sufrido alteraciones en sus características físicas, químicas y biológicas por la incorporación de materias extrañas como residuos sólidos, microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para usos posteriores pretendidos, afectando los ecosistemas acuáticos y su entorno (Meneses 2003).

Las aguas residuales domésticas, son aquellas obtenidas luego de ser usadas en actividades como limpieza en general, preparación de alimentos y uso de sanitarios. Estas aguas contienen gran cantidad de materia orgánica como proteínas, carbohidratos y lípidos, así como materia inorgánica como sales compuestas de Nitrógeno y Fósforo.

Los organismos presentes en las aguas residuales domésticas pueden ser inocuos o patógenos en cuyo caso se corre el riesgo de que pueda afectar la salud de todo aquel ser humano que use estas aguas de manera indiscriminada, así como otras sustancias contaminantes presentes en exceso.

Teniendo en cuenta la contaminación de los recursos hídricos, en las últimas décadas, existe una preocupación para contrarrestar los efectos de los contaminantes, se comenzó a utilizar una práctica llamada biorremediación.

Que se refiere a todos aquellos métodos que se basan en la utilización de organismos vivos (hongos, bacterias, plantas o algún otro microorganismo o sus subproductos como enzimas), utilizados en la eliminación de desechos en ambientes contaminados, de manera que se puedan restaurar las condiciones naturales del mismo.

La experiencia dentro de los 35 años como profesional en la Región San Martín, me permite confirmar fehacientemente que la construcción de los tanques sépticos construidos técnicamente y bajo ciertas condiciones, permite reducir en grandes medidas al volumen de la materia orgánica acumulada en los tanques, sumada a otros en el cultivo de peces ornamentales y el tratamiento de plantas acuáticas, y la experiencia de peces de la Región con la tilapia motivan a un trabajo de investigación.

En el Perú específicamente en la Capital, existen veintiún plantas de tratamiento de aguas residuales, las mismas que tienen un alto costo en su edificación, así como en el uso de los productos químicos que permiten la reducción de contaminación y que luego desembocan en diferentes partes de la franja costera de la Ciudad.

Existe en la actualidad un proyecto en ejecución en el Distrito de LA CHIRA para una población de 2'600,000 habitantes, cuyo costo de inversión es de S/. 521'000,000. de soles, de acuerdo a la información. El tratamiento es de última tecnología y consiste en un lanzamiento de 200 mts. hacia las profundidades del mar, reduciendo la contaminación de las aguas residuales en menor proporción.

Sin embargo es necesario mencionar que en Lima central y los distritos cuentan con jardines atractivos y muy vistosos, en competencia entre distritos y todas ellas son regadas con agua potable en un 40% y 60% con agua de canal (ver anexo pág. N° 61,62,63).

Las zonas periféricas de la ciudad de Lima en los recorridos de la carretera panamericana por el norte y hacia el sur, vemos grandes zonas desérticas y desoladas, numerosos asentamientos humanos, mostrando su pobreza (ver anexo pág. N° 64).

Cuando en estas zonas se puede realizar el tratamiento de aguas residuales por biorremediación, regar con estas aguas los cultivos, parques, áreas recreativas.

Cambiando de esta manera su imagen paisajística y mostrando una mejor economía y un mejor estatus de vida, reusar las aguas servidas por biorremediación para una mejor calidad de vida.

En algunas regiones del Perú, existen plantas de tratamiento de aguas residuales; Cusco, Arequipa, Chiclayo, Piura, Ayacucho, Trujillo, Huancayo y otras provincias del Perú cuyo tratamiento de aguas residuales son tratamiento de menor tecnología y cuyos problemas a la actualidad son muy latentes.

Algunos países solucionan estos problemas de contaminación de residuos sólidos a través de un alto costo de inversión siendo la primera fase, la construcción de la infraestructura con un altísimo costo de inversión y la segunda es el uso de productos químicos para reducir el grado de contaminación y todas ellas retornan sus aguas contaminadas a los ríos o al mar, siendo desperdiciadas estas aguas para otro uso.

Un caso excepcional es la ciudad de Orlando en Estados Unidos cuyas aguas residuales son tratadas mediante biorremediación y que vuelven a ser reutilizadas en el riego de los espacios verdes dentro de la ciudad; Jardines públicos y privados así como en los parques, se usa además las aguas residuales tratadas en la ornamentación de sus espacios recreativos, piletas, lagunas artificiales y riegos en general, mejor apreciación se puede tener en el anexo pág. N° 65,66.

En la Región San Martín, las aguas residuales domésticas originadas por la población urbana, desembocan en los ríos y quebradas produciendo contaminación en el medio ambiente, que se evidencia en la disminución y desaparición de algunas especies de vida acuática, así como bajo contenido de oxígeno disuelto principalmente en épocas de estiaje.

En la provincia de San Martín, con una población urbana de 161,132 habitantes según el censo del 2007 registrados en los distritos de La Banda de

Shilcayo, Morales y Tarapoto, las aguas residuales domésticas de las viviendas desembocan, en los ríos Shilcayo y Cumbaza. Aguas abajo de los desembocaderos existen numerosas familias que hacen uso doméstico de estas aguas, utilizando para uso personal, riego para cultivos de huertos y arrozales, así como para el cultivo de peces para su consumo y muchos de los niños utilizan estas aguas para bañarse como medio de diversión, exponiéndose a enfermedades infecto-contagiosas.

De igual manera muchos centros recreacionales como Maronilla, La Chacra, La Granja, La Estación y otros recreos, eliminan sus desperdicios fecales a quebradas y ríos, contaminando las aguas del río Cumbaza que conforma parte del medio ambiente con coliformes totales y coliformes fecales, exponiendo la salud de sus visitantes.

Las Municipalidades vienen haciendo esfuerzos para atenuar este grave problema; tal es así en los Distritos de Juan Guerra, Shapaja y Sauce, se han instalado lagunas de oxidación, como solución al problema de la contaminación por aguas residuales domésticas, sin embargo estos tratamientos solucionan el problema a corto plazo debido que continúa la contaminación a menor escala por tanto se requiere un tratamiento sostenido aplicando la tecnología de biorremediación.

El recreo turístico “El RANCHO” es una de las fuentes de contaminación del río cumbaza, por tanto se plantea contribuir a restaurar el medio ambiente circundante mediante el proceso de biorremediación que consiste en la inoculación de microorganismos como algas y bacterias o la utilización de plantas acuáticas (guama, lentejita de agua) y peces (tilapia) y de esta manera reducir los impactos negativos en la salud de los pobladores que usan el agua de este río.

Es necesario hacer todos los esfuerzos para desarrollar e implementar un sistema de gestión ambiental (S.G.A) mediante la norma ISO 14001 Internacional como una guía.

El ISO 14001 estándar desarrollado por la organización internacional de normalización.

www.iso.org es un grupo representante de 40 países que trabajan conjuntamente para desarrollar estándares como este, tratamiento de aguas residuales para el desarrollo e implementación del sistema de gestión ambiental (S.G.A).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

2.1. Agua Residual

Se denomina agua residual, aquella que sufre alguna alteración en sus características físicas, químicas o biológicas debido a la introducción de contaminantes conocidos como residuos sólidos, biológicos de actividades industriales o agrícolas; que afectan los ecosistemas principalmente acuáticos (Sánchez, 2003). Las aguas residuales provienen del sistema de abastecimiento de agua de una determinada población, por esta razón son líquidas y de composición variada, que según su origen se clasifican en Aguas Residuales Domésticas, Industriales, pluviales y de infiltración (Metcalf y Eddy, 2006).

2.1.1. Aguas Residuales Domésticas

Son aquellas aguas que provienen de las diferentes actividades domésticas: lavado de ropa, preparación de alimentos, aseo personal, limpieza, considerándose una combinación de orina, agua gris y heces humanas y de animales (Mara y Caimcross, 1990). Generalmente presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos como detergentes, cloro y microorganismos principalmente patógenos.

En relación a la composición química, las aguas residuales domésticas generalmente contienen varios tipos de proteínas como albúminas y globulinas y enzimas producto de la actividad microbiana en la propia agua residual doméstica o como carbohidratos como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa (Blundi, 1988), así como grasas animales y aceites provenientes de los alimentos y también sales inorgánicas y otros compuestos inertes (Metcalf y Eddy, 2006).

De acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314-Art.-4º, son aquellas sustancias productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, a las operaciones y procesos.

2.1.1.1. Calidad del agua residual doméstica

La calidad del agua residual doméstica está determinada por sus características, físicas, químicas y biológicas a partir de la cual se determina que tan aceptable es para su futuro uso (Luvy & Libták, 1999)

2.1.1.2. Parámetros Biológicos

Son características relacionadas con microorganismos y organismos pluricelulares. La clasificación de las Aguas Residuales, se realizan de acuerdo a sus características biológicas y los valores permisibles son determinados de acuerdo a lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Características biológicas.- El agua residual urbana contiene microorganismos de muchas clases, algunos de ellos muy perjudiciales para la salud por ser causantes de enfermedades. Los tipos de microorganismos más abundantes en el agua residual son bacterias, protozoos y virus.

Bacterias.- Las bacterias son microorganismos unicelulares que se multiplican por escisión celular, es decir, dividiéndose en dos partes. Cuando se miran al microscopio se observa que tienen distintas formas, entre las cuales la de palito es la más frecuente (bacilos).

Según cuál sea su fuente de alimentación, las bacterias pueden ser autótrofas (pueden crecer en medios completamente inorgánicos) o heterótrofas (dependen de compuestos orgánicos para alimentarse).

Otra importante distinción entre bacterias viene dada por su necesidad de oxígeno disuelto. Se llaman bacterias anaerobias aquellas que no pueden vivir en presencia de oxígeno, y bacterias aerobias a las que no pueden vivir en ausencia de oxígeno. Por último, las bacterias facultativas son las que se adaptan a la presencia o ausencia del oxígeno, y viven tanto en medio aerobio como anaerobio.

Entre las bacterias presentes en el agua residual urbana, aquellas a las que hay que prestar mayor atención son las bacterias patógenas o causantes de enfermedades. Las enfermedades más frecuentes ocasionadas por estas bacterias son el cólera, la disentería y el tifus, entre otras. Cada una de estas

enfermedades está causada por un tipo distinto de bacterias. Dado que el tiempo y esfuerzo necesario para identificar cada una de las especies bacterianas presentes en el agua residual es muy elevado, normalmente se determinan otras especies no patógenas, fáciles de identificar, y que dan una idea de la importancia de la contaminación fecal del agua residual. Las bacterias que suelen utilizarse con este fin son los coliformes totales y fecales, y los estreptococos fecales.

Los coliformes son bacterias presentes en gran número en las heces. Una persona adulta excreta unos 2.000.000.000 de bacterias coliformes al día.

Hay dos tipos de coliformes fecales y totales, La presencia en el agua residual de coliformes fecales indica, sin ninguna duda que el agua presenta contaminación fecal y por tanto, puede contener también bacterias patógenas. Por otra parte, el número de coliformes y su reducción a lo largo del tratamiento por lagunaje, indica la calidad general del agua desde el punto de vista bacteriológico.

Los estreptococos fecales se determinan para averiguar si el origen de la contaminación fecal es humano o animal. Esto se debe a que la proporción de coliformes fecales/estreptococos fecales es distinta para el hombre y otros animales. Por lo demás, la información suministrada por la medida de estreptococos fecales y coliformes fecales es muy similar.

Protozoos.- Los protozoos son microorganismos unicelulares, que se consideran la base del reino animal. Algunos de los protozoos presentes en el agua residual son patógenos, como la ameba que provoca la disentería. Sin embargo los protozoos pueden resultar útiles en el tratamiento del agua residual, ya que se alimentan de bacterias y contribuyen así a la purificación del efluente.

Virus.- Los virus son la forma de vida más simple que se conoce. Son parásitos obligados, lo que quiere decir que dependen de otros seres vivos, a los que infectan y utilizan para su reproducción. Muchos de ellos provocan enfermedades en el hombre, entre ellas la poliomielitis y hepatitis. Estas enfermedades pueden transmitirse por medio del agua.

2.1.1.3. Papel de los microorganismos en las aguas residuales

La remoción de la DBO, la coagulación de sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica, es posible por la acción de una variedad de microorganismos, principalmente bacterias.

Los microorganismos utilizan la materia carbonácea disuelta y en suspensión en forma coloidal, para sobrevivir en el ambiente en que se encuentran. Al consumir esta materia cuyo principal componente es el carbono, una parte de ella la convierten en tejido y otra parte es emitida al medio ambiente en forma de gases. Los gases producidos, en su mayor parte, pueden separarse en forma espontánea del agua tratada y el tejido celular formado, se separa también de la masa de agua por sedimentación, por lo que cuando esto ocurre se dice que la materia orgánica ha sido removida del agua tratada.

Las características que tienen los microorganismos de completar el ciclo de degradación para su crecimiento y reproducción a partir del material orgánico desechado por los organismos superiores, es la forma en la cual el hombre aplica los microorganismos para limpiar sus aguas residuales.

En este proceso en que los diferentes microorganismos consumen el sustrato en su propio beneficio, remueven el material orgánico presente en las aguas residuales y lo transforman en nuevas células y en gases inocuos que se emiten a la atmósfera, limpiando el agua de la materia orgánica disuelta originalmente presente. Los principales objetivos del tratamiento biológico en aguas residuales, es coagular y remover los sólidos coloidales no sedimentables, y estabilizar la materia orgánica.

Para las aguas de origen doméstico el objetivo es estabilizar la materia orgánica y los nutrientes como nitrógeno y fósforo; para las aguas residuales agrícolas el objetivo es remover los nutrientes, específicamente nitrógeno y fósforo; para las aguas industriales el objetivo es remover o reducir la cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos que éstas puedan contener. Las aguas residuales de origen industrial, frecuentemente contienen sustancias que son tóxicas a los microorganismos que llevan a cabo el proceso biológico de estabilización de la materia orgánica, por lo que de ser así, los emisores

responsables que generan estos desechos deben efectuar un pre tratamiento previo de sus aguas de desecho, tratando de remover estas sustancias tóxicas.

Con un control adecuado de todos los factores de tratamiento, especialmente los de carácter biológico, todas las aguas residuales pueden ser tratadas con éxito, por lo tanto, es conveniente, conocer y comprender los alcances y límites de los diferentes procesos.

Existe un consenso general sobre la dificultad de determinar la presencia de todos los organismos patógenos implicados en los procesos de contaminación ambiental. Dicha determinación implica varios días de análisis, costos elevados y laboratorios especializados. Frente a estas dificultades y a la necesidad de hacer una evaluación rápida y fiable de la presencia de patógenos en el agua, de consumo humano se ha planteado la necesidad de determinar los microorganismos indicadores de contaminación. Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos (concentración y reacción frente a factores ambientales y barreras artificiales). Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. El grupo de microorganismos coliformes es el más adecuado como indicador de contaminación bacteriana ya que estos, Son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente y permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas.

2.1.1.4. Parámetros Físicos y Químicos

Estos parámetros son de gran importancia y sus valores están estrechamente relacionados con el grado de contaminación del agua.

Una breve descripción de los parámetros más importantes utilizados en la determinación de la calidad de las aguas residuales domésticas se presenta en el cuadro N° 01.

Cuadro N° 1. Parámetros fisicoquímicos más importantes relacionados con la calidad del Agua Residual Doméstica

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS DE EVALUACIÓN
Sólidos Totales	Son aquellos residuos tras la evaporación del agua a T° a 105°C	Horno
Sólidos disueltos	Comprende moléculas orgánicas e inorgánicas, iones disueltos	Destilación
DBO	Es la cantidad de materia orgánica presente en el agua, está determinado por la medición de Oxígeno necesario para degradar la materia orgánica por vía biológica.	Kit Colorimétrico
DQO	Medida indirecta de la materia orgánica presente en el agua	Kit Colorimétrico
Alcalinidad	Está determinada por hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos, Na, Mg, K, ayuda a regular los cambios de pH	Kit Colorimétrico
CO ₂		Hash
PH	Es la actividad de un ión hidrogenio H ⁺ expresada en moles por litro	Peachímetro
Dureza Total	Está determinada por Calcio y Magnesio presentes en el gua	Kit Colorimétrico

Fuente: KUBITZA, F., 1995. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões.

2.2. Biorremediación

El término biorremediación fue acuñado a principios de la década de los 80, y proviene del concepto de *remediación*, que hace referencia a la aplicación de estrategias físico-químicas para evitar el daño y la contaminación en suelos. Los científicos se dieron cuenta que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas, basadas esencialmente en la observación de la capacidad de los microorganismos de degradar en forma natural ciertos compuestos contaminantes.

Entonces, la biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el uso de seres vivos (microorganismos, plantas y peces) capaces de degradar compuestos que provocan desequilibrio en el medio ambiente, ya sea suelo, sedimento, fango o agua. La biorremediación permite entonces reducir o remover los residuos potencialmente riesgosos presentes en el ambiente (Federación Europea de Biotecnología-EFB, 1999).

Según la Oficina de Evaluación de Tecnologías del Congreso de los EEUU (U.S. Congress Office of Technology Assessment), la biorremediación es el acto de incorporar, a sitios contaminados, organismos que permitan la aceleración del proceso natural de degradación de sustancias tóxicas, lo cual permite transformar dichos compuestos en otros químicamente distintos e ino cuos.

Valdez (1989) define la biorremediación como el uso de diversos organismos (fundamentalmente bacterias, hongos y diversos vegetales) para la reducción de la contaminación del aire o de los sistemas acuáticos o terrestres. La biorremediación se utiliza para el tratamiento de aguas residuales, para descontaminar el aire o el agua, también para limpieza de suelos que hayan recibido contaminantes.

Derek Lovley, et,al. (1992) descubre sustancias bacterianas que las llamó *Geobacter Sulfurreducens*, sustancias compuestas por metales que provocan precipitación, como el Uranio, el Tecnecio y el Cromo. El uso de

estos producirá, la descontaminación a través de las precipitaciones de los metales descubriendo de esta manera alternativas para la Biorremediación.

En el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. CEPIS en el año de 1977, se encontró que el tratamiento y reuso de las aguas residuales se inicia en el Perú en la década del 60, con la implementación de lagunas de estabilización de San Juan de Lima. Considerándose que la opción tecnológica mas viable para alcanzar el objetivo “no patógeno”.

Según la Revista Latinoamericana Microbiología 2006; 48 (2): 179-187, los suelos contaminados por hidrocarburos derivados del petróleo y otros compuestos orgánicos, se pueden mejorar a través de la biorremediación, utilizando las plantas y la actividad microbiana de la rizósfera, como pieza clave en los procesos de la fitorremediación, utilizando además las micro algas en la descontaminación de aguas residuales que contengan contaminantes orgánicos.

Loayza (1996) mediante un trabajo presentado al XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria, mediante la construcción de un tanque IMHOFF, logró el tratamiento de aguas servidas de una población de 1636 familias pertenecientes a 4 centros urbanos de la ciudad del Cusco.

En relación a plantas acuáticas, Arroyave (2004) manifiestan que plantas acuáticas, denominadas Angiospermas como el caso de *Lemna minor* L. (lentejita de agua) y *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua), se pueden utilizar en el tratamiento de aguas residuales. Asimismo Fernández, (2001) manifiesta que las macrófitas flotantes antes mencionadas son las más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales. Al respecto autores como Obek y Hassar (2002) utilizando *Lemna minor* puede remover ortofosfatos si se cosecha frecuentemente, en condiciones de laboratorio encontraron que la concentración inicial de 15 mg/l, fue reducido a 0.5 mg/l al final de 8 días. Al respecto otros autores como Novotny y Olem, citados por Hidalgo et al. (2005) afirman que el uso de plantas acuáticas han sido desarrollados como un tratamiento de aguas residuales, demostrando ser eficientes en la remoción de

una amplia gama de sustancias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados.

Otra de las aplicaciones de los tratamientos biológicos es la eliminación de nutrientes, es decir de compuestos que contienen tanto nitrógeno como fósforo e incluso amonio, los compuestos con estos elementos sufren una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de distintos organismos como bacterias del género (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*), que son capaces de llevar a cabo una nitrificación y otro grupo de bacterias desnitrificantes que llevan a cabo la eliminación de NO_2 ; o el uso de micro algas para remover nutrientes de aguas residuales es una tecnología que se viene utilizando en varios países con muchos éxitos, teniendo en cuenta que estos pequeños organismos eliminan también la mayor cantidad de nitrógeno inorgánico (amonio y nitratos) y parte de fósforo por absorción celular directa.

IMPACTOS NEGATIVOS QUE CAUSAN LAS AGUAS RESIDUALES ESPECIALMENTE EN LOS RECREOS- AGUA Y SUELO

Las aguas residuales que no son tratadas adecuadamente causan impactos negativos no solamente en el agua sino también en el medio ambiente, la contaminación del aire genera un malestar a la sociedad que acude a estos centros recreativos, puede ocurrir situaciones desfavorables en el funcionamiento sobre todo la presencia de los malos olores y los mosquitos; por lo tanto se requiere un programa para regular un control e inspección y tomar medidas para mitigar estos impactos negativos.

De la misma manera las aguas residuales que llegan directamente a las quebradas así como al río Cumbaza y Shilcayo, contaminan las aguas sobre todo en las épocas de mayor estiaje donde el caudal de las aguas se reduce, produciendo el mal olor así como el uso no permitido para riego o aspectos recreativos sobre todo para la juventud que hace uso de estas aguas como recreación poniendo en riesgo la salud y propensos de adquirir enfermedades.

Otros impactos negativos:

- La pérdida del valor de los terrenos aledaños, si se presentan los malos olores o molestias por el diseño incorrecto o inadecuado.
- Efectos adversos a la salud de los agricultores por la falta de medidas de adecuación o protección.
- Efectos adversos a la salud de los consumidores y de los productores.

Los criterios para evaluar el impacto en un sistema integrado de tratamiento de uso de aguas residuales son múltiples y complejas algunos permiten medir o estimar el BENEFICIO O EL COSTO, existen aspectos más importantes o trascendentes para las cuales es difícil cuantificar en unidades monetarias, el impacto ya sea positivo o negativo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de campo y laboratorio fueron realizados en los meses de Enero a Mayo del 2012 en el Recreo Turístico EL RANCHO, ubicado a 5 km de la ciudad de Tarapoto, Provincia y Región San Martín, carretera a San Antonio de Cumbaza, intersección con el canal Cumbaza aguas arriba a 300 m. Pertenece a la zona de amortiguamiento del bosque de protección Cordillera Escalera, con una altitud que va de 300 a 1,200 msnm, según la Mezo Zonificación Ecológica y Económica, (IIAP, 2003).



COORDENDAS UTM DATUM (PSAD56)

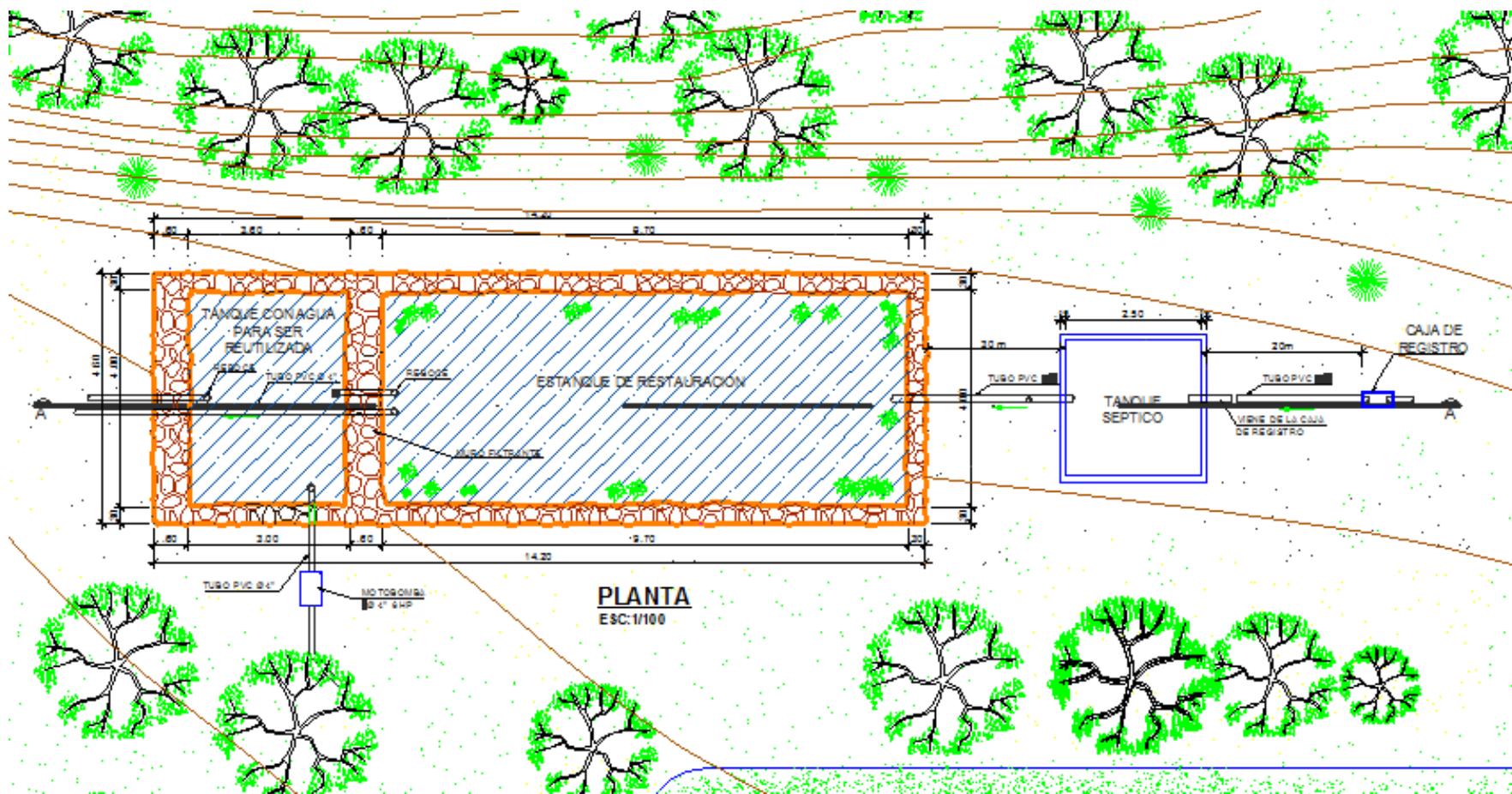
NORTE	347935.8904
ESTE	9285013.4943

Figura. 1. El presente cuadro muestra la ubicación del Recreo Turístico El Rancho, ubicado a pocos kilómetros de la intersección de la carretera Marginal y la Carretera San Antonio es decir del ovalo aproximadamente a 3 km., siguiendo el canal de riego a la bocatoma.

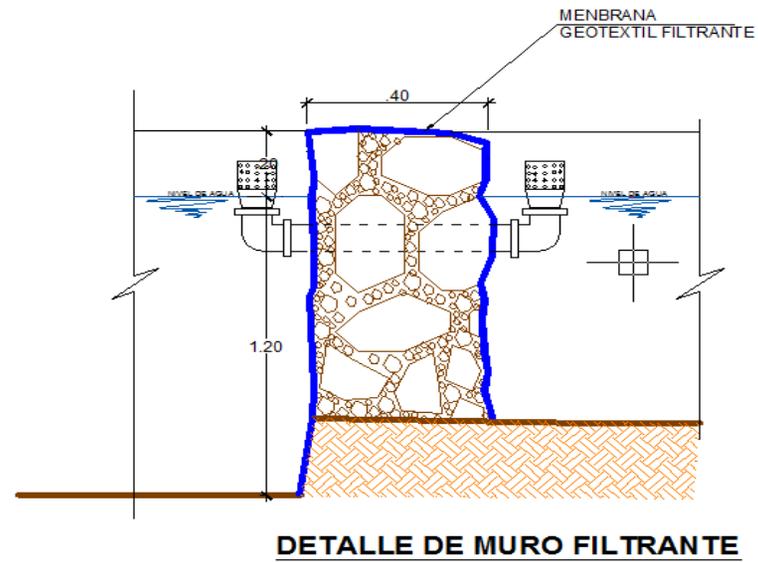
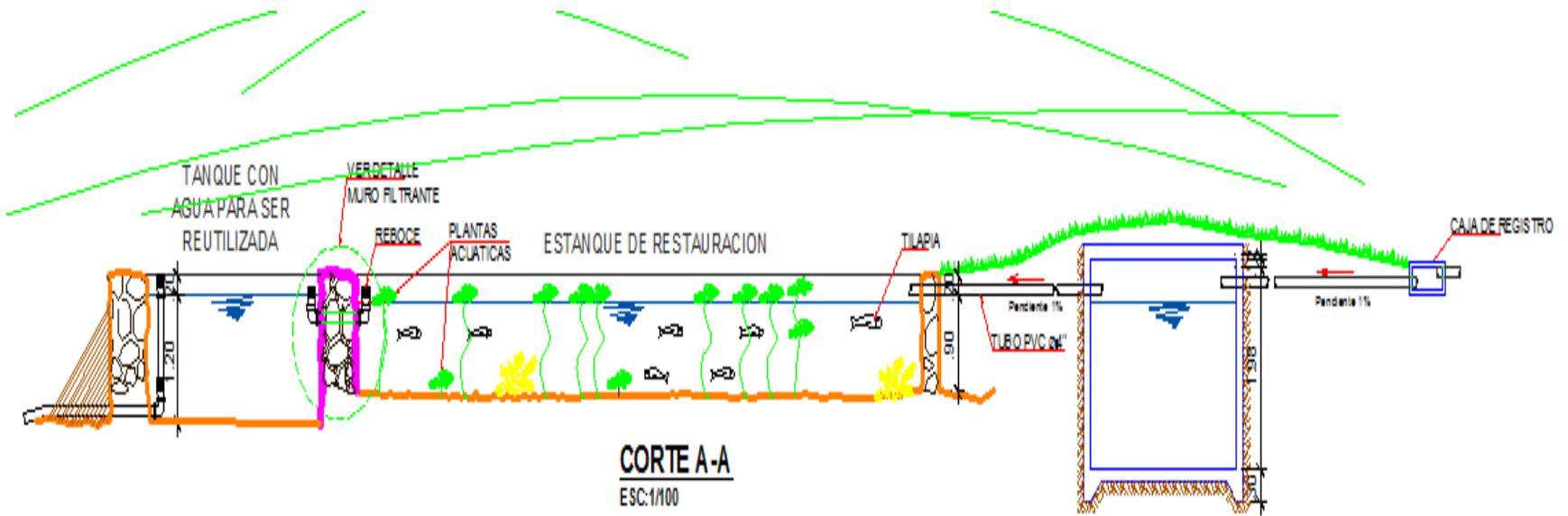
3.1. Material Biológico: Se utilizaron bacterias y protozoarios propios del Recreo El Rancho, asimismo plantas acuáticas regionales como *Lemna minor* (lentejita de agua), *Pistia stratiotes* conocida como (lechugilla, o Jacinto de

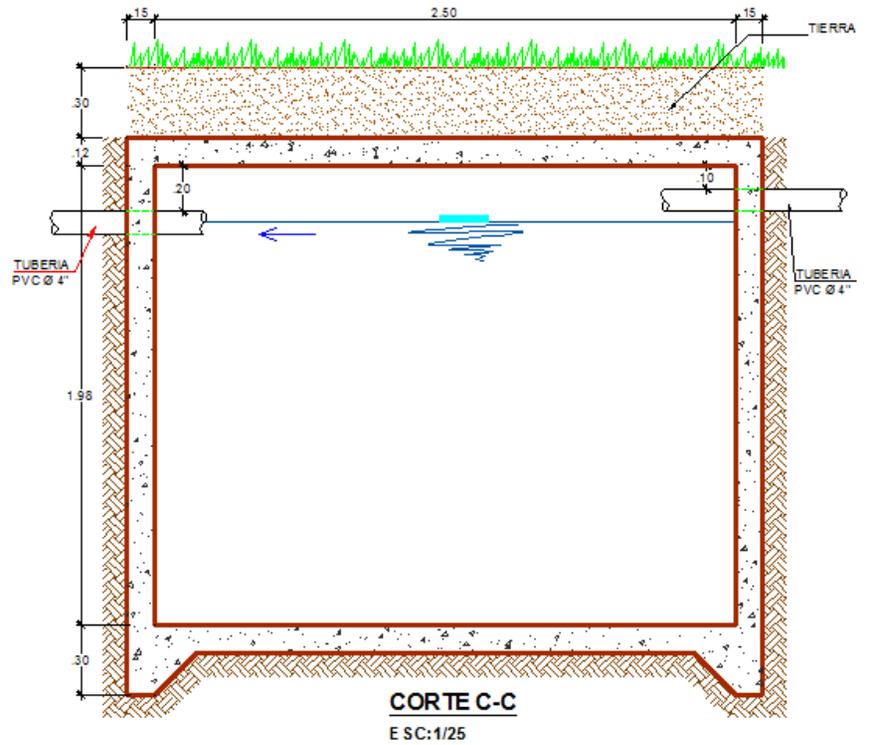
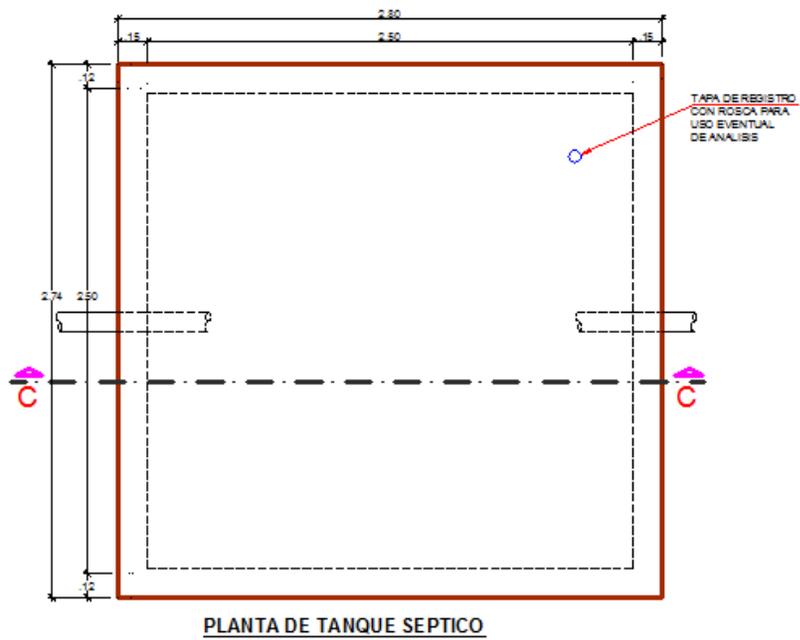
agua) y peces como la tilapia *Oreochromis niloticus*, presentes en el agua del recreo turístico y de algunas piscigranjas de la zona.

3.1.1. Otros Materiales y Equipos: se utilizaron materiales de vidrio, placas petri, vasos de precipitado, Refrigeradora, Kit de análisis de agua, microscopio.

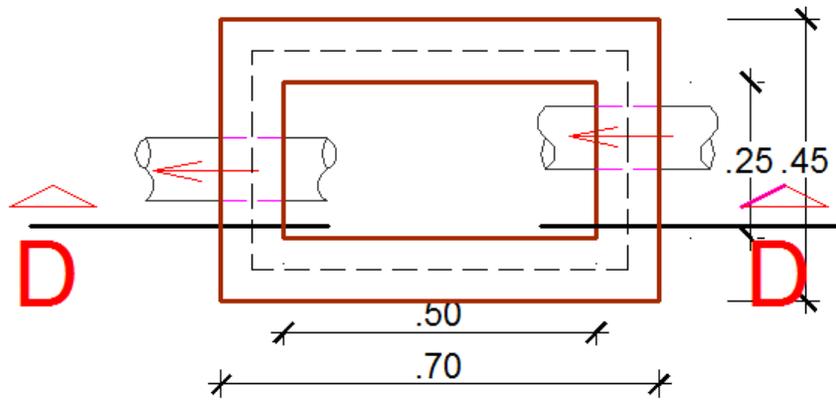


3.2. PLANOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

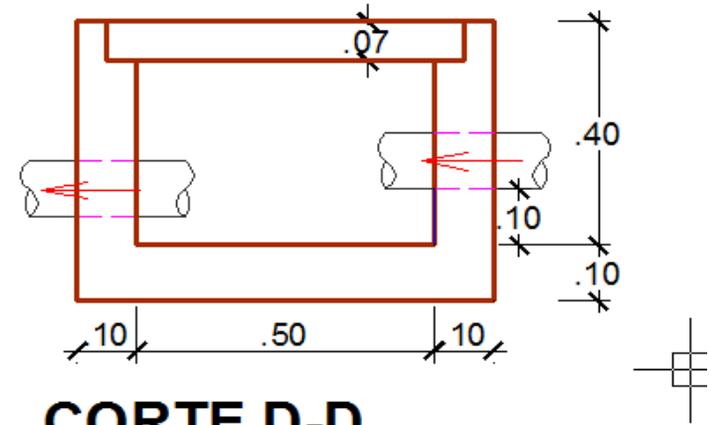




DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO



CAJA DE REGISTRO



CORTE D-D

DISEÑO DE LA CAJA DE REGISTRO

- 1 **Caja de Registro:** en donde convergen todas las baterías sanitarias del R. Turístico.
- 2 **Tanque Séptico:** Es una caja rectangular de 2.50x2.50x2.00m², con capacidad de volumen que responde a características del diseño que son indispensables para el buen funcionamiento; tanto el piso como las paredes están construidas con bloquetas, tarrajeadas y pulidas; es herméticamente cerrado por lo tanto está exento de oxígeno.
- 3 **Estanque de Restauración:** El tamaño es de 20x5x1 m, con paredes perimetrales de piedras asentadas con mortero, arena y cemento, asimismo tiene dos tubos de cuatro pulgadas de diámetro, uno para la entrada de las aguas servidas proveniente del tanque séptico y otro por rebose para el tanque con agua que servirá para ser reutilizada.
- 4 **Tanque con Agua para ser Reutilizada:** Con dimensiones de 5x3x1 m y con materiales parecidos al estanque de restauración. El agua llega a este estanque a través de una tubería de 4" por filtración proveniente del estanque de restauración la que permite separar las hojarascas y toda aquella sustancia o desperdicios del estanque de restauración.
- 5 **El agua de este recinto es extraída por bombeo** y utilizada en diferentes actividades, o en caso contrario retornar las aguas al río Cumbaza a través de una cama de filtración.

3.3. Toma de Muestras y Análisis Microbiológicos

Las muestras fueron tomadas en los distintos puntos de la infraestructura (tanque séptico, Estanque de restauración y Tanque con agua a ser reutilizada), dichas muestras fueron llevadas al laboratorio para los análisis respectivos mediante el siguiente procedimiento.

Cuadro N° 2: Datos del análisis microbiológico de muestras de agua

	Recreo turístico “El Rancho” distrito de Morales.														
Lugares de muestreos	Tanque séptico					Laguna de restauración					Tanque con agua para reutilización				
Codificación de meses	E	F	M	A	M	E	F	M	A	M	E	F	M	A	M
Codificación de muestras	1					2					3				

3.3.1. Análisis Microbiológico.- Las muestras fueron llevadas al laboratorio en una caja térmica (cooler) a 4°C, para realizar la detección y numeración de gérmenes siguiendo las recomendaciones de los Métodos Standard (APHA, 1995), considerándose los siguientes parámetros:

- a) **Recuento de Microorganismos Aerobias Mesofilas Viabiles (MAMV).**- Se utilizó la técnica de placa vertida, el método consistió en adicionar un volumen de 1 ml de la muestra y 0.5ml en placas Petri estéril de 15mm X 100 mm debidamente rotulados.
- b) **Numeración de coliformes totales por el método de tubos múltiples (NMP). (APHA, 1995)** El método consistió en utilizar como medio de cultivo para la prueba presuntiva, Caldo Peptonado Lactosado doble concentración para volúmenes de 10 ml de muestra y concentración simple, para inóculos de 1ml y 0,1ml de muestra. El volumen del medio en cada tubo fue de 10 ml. Después de inoculada las muestras se incubó a 35°C por 24-48 horas.

Considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez. De los tubos positivos, se transfirió una azada a placas con Agar EMB y se incubo a 44,5°C durante 24 horas. El crecimiento de colonias brillante plateadas indican la presencia de Coliformes Fecales Termotolerantes.

3.4. Análisis Físico Químicos del agua

Estos análisis también se realizaron en el pozo séptico, Estanque de restauración y Tanque con agua a ser reutilizada, se aplicó el método de titulación, utilizándose un Kit para análisis de agua. Se consideró los parámetros siguientes: Color, DO, CO₂, Alcalinidad Total, Dureza total, pH y Temperatura.

3.5. Inoculación de organismos restauradores

Esta actividad se realizó en el estanque de restauración, inoculándose los siguientes organismos acuáticos: *Lemna minor* (lentejita de agua), *Pistia stratiotes* conocida como (lechuga de agua), *Vallisneria* sp. y peces como la (tilapia) *Oreochromis niloticus*. La evaluación se hizo en forma mensual coincidente con la toma de muestras para los análisis microbiológicos y físico-químicos del agua.

3.6. Método Estadístico

En el presente proyecto, se aplicó el método descriptivo, analítico y comparativo, de acuerdo a la información tomada de campo mediante muestreos aleatorios insitu; con identificación y reconocimiento de los factores contaminantes y los medios contaminados que forman parte de los cuerpos de agua.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a la tecnología aplicada para el tratamiento de aguas servidas en Tarapoto, no se ha evidenciado tecnologías similares a la aplicada en el Recreo Turístico El Rancho, existiendo tratamiento de Aguas servidas del distrito de Rumizapa, donde no existe pozo séptico ya que el agua llega directamente a una infraestructura abierta luego pasa a pozas de oxidación de concreto armado, cuya función en el proceso de biorremediación son limitadas. Similar infraestructura lo constituye la planta de tratamiento del distrito de Cacatachi y Juan Guerra.

Sin embargo en otros países existe muchas tecnologías, una de ellas es la mencionada por (Melsy Pérez, 2012) una tecnología aplicada en Venezuela conocida como SBR (Secuencial Batch Reactor o Reactores Secuenciales), utilizado para el tratamiento de aguas residuales (municipales, residenciales e industriales) cuyas ventajas son:

- a) No produce olores ni ruidos molestos.
- b) Sistema de lodos fluidizados.
- c) Unidades compactadas en hierro negro o acero.
- d) Eficiencia hasta el 95%.
- e) Mínimo espacio para su instalación incluso pueden ser totalmente enterradas.
- f) No requiere de productos químicos especiales.

En general, puede concluirse que las tecnologías naturales y sostenibles mencionadas constituyen una interesante alternativa, principalmente para países en vías de desarrollo. El empleo de sistemas de depuración sencillos, naturales, que permitan una reutilización del agua tratada, es sin duda una innegable contribución al medio ambiente.

Otro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales es el sistema mencionado por (Gildan, 2002), conocida como Sistema Biotop de Gildan, cuyas ventajas que provee son las siguientes:

- a) Las bacterias eliminan virtualmente los tintes y químicos,
- b) No se introducen químicos adicionales,

- c) No daña la vida acuática del río receptor y su ecosistema,
- d) El agua es adecuada para uso agrícola.

Esta última tecnología es muy similar a la nuestra ya que utiliza microorganismos como bacterias.

Obviamente la tecnología del Recreo Turístico El Rancho viene utilizando diferentes organismos ya descritos en la metodología.

4.1. Análisis Microbiológico

A continuación se muestra los resultados de los microorganismos obtenidos, en la secuencia de todo el proceso de la infraestructura instalada para el tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

Cuadro N°3: Resumen del análisis microbiológico de las muestras de agua

Lugar de muestreo	Meses	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
		Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables (MAMV) Promedio de UFC/100ml	Coliformes Totales a 35°C Índice del NMP/100ml	Coliformes Fecales Termotolerantes a 45.5 °C
TANQUE SÉPTICO 2012	Enero	6.2957E+10	>1100	Positivo
	Febrero	6.9382E+10	>1100	Positivo
	Marzo	7.255E+10	>1100	Positivo
	Abril	7.2664E+10	>1100	Positivo
	Mayo	7.2159E+10	>1100	Positivo
ESTANQUE DE RESTAUR. 2012	Enero	713020.952	>1100	Positivo
	Febrero	891733.333	>1100	Positivo
	Marzo	825539.196	>1100	Positivo
	Abril	1166222.22	>1100	Positivo
	Mayo	1568711.11	>1100	Positivo
TANQUE DE REUTILIZACION	Enero	26191.2381	210	Negativo
	Febrero	27864.9908	150	Negativo
	Marzo	27874.7929	150	Negativo
	Abril	43804.4444	210	Negativo
	Mayo	44363.3242	160	Negativo
Métodos de ensayo		Recuento en placa (Agar Muller Hinton)	Método estandarizado del NMP (Caldo Peptonado Lactosado)	Método estandarizado en Agar EMB
	UFC = Unidades Formadoras de Colonias			
	NMP = Numero Más Probable			
	EMB = Agar Eosina Azul de Metileno			
	MAMV = Microorganismos Aerobios Mesofilos Viables			

Fuente: Elaborado por; Rodríguez Meni, 2012.

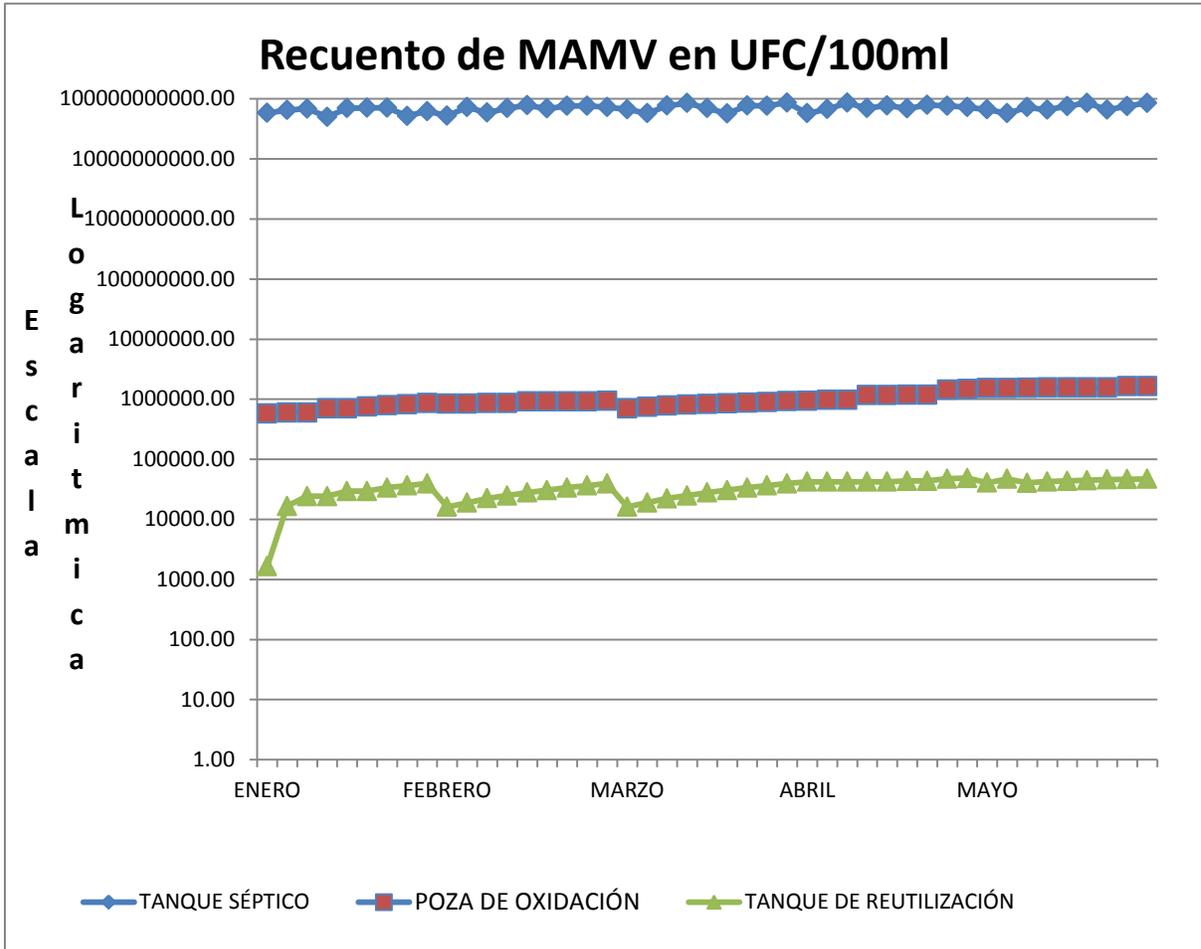


Grafico 1: Tendencia del comportamiento de los Microorganismos Aerobios Mesófilos Viables (MAMV) en los diferentes lugares del proceso de restauración hasta su reutilización.

Interpretación del gráfico: La población microbiana en el tanque séptico se encuentra en mayor concentración en comparación con la poza de oxidación (estanque de restauración) debido a que está en constante alimentación de efluentes de los desechos domésticos los cuales son ricos en materia orgánica que sirven de nutrientes para los MAMV las cuales tienden a ir disminuyendo en la poza de oxidación casi hasta la mitad de la población debido a que en ésta comienza el surgimiento de microorganismos de vida libre como protozoos y microalgas que se alimentan de los MAMV y también debido a la inoculación de plantas acuáticas y el pez “tilapia” haciendo que se note la disminución considerable de dicha población.

En el tanque de reutilización la población microbiana disminuyó en un 60% aproximadamente en relación a la población inicial que ingresó al tanque séptico lo cual evidencia que el tratamiento biológico de aguas servidas en condiciones naturales es evidente.

4.2. Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua

Los parámetros analizados tanto del pozo séptico, Estanque de restauración y Tanque de reutilización se puede ver en los gráficos siguientes:

4.2.1. Niveles de Oxígeno disuelto en mg/l.

Meses	Tanque Séptico	Est. Restauración	T. agua reutilizable
Enero	1,00	2,00	2,00
Febrero	1,50	3,00	3,00
Marzo	1,00	2,00	3,00
Abril	1,00	3,00	4,00
Mayo	1,00	3,00	4,00

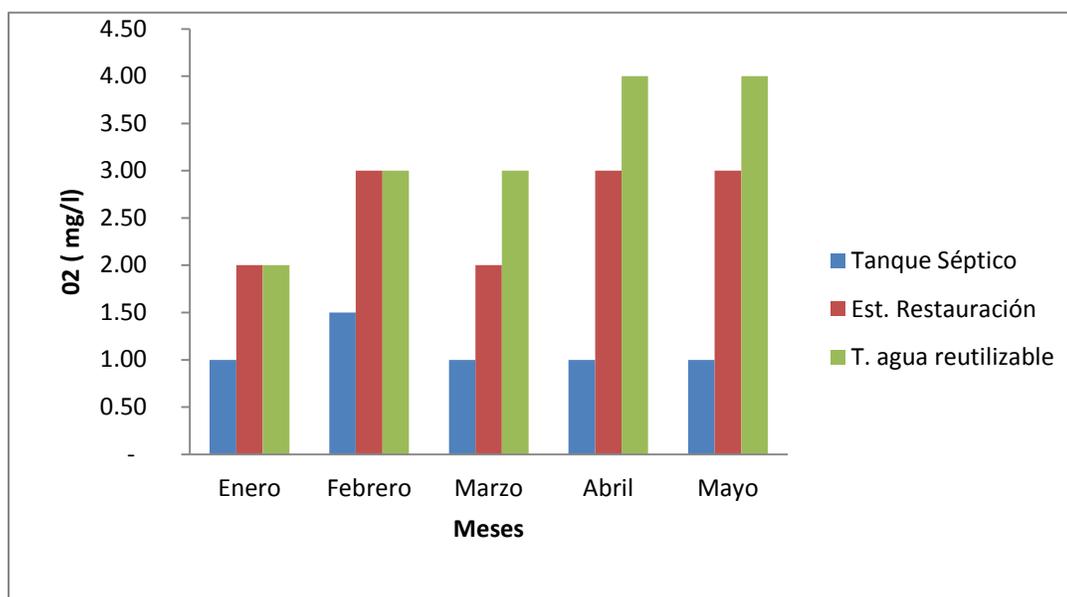


Gráfico 2. Niveles de Oxígeno disuelto (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

INTERPRETACIÓN

En el gráfico N° 2, se puede observar que el oxígeno disuelto se va incrementando de acuerdo como transcurre el tiempo de tratamiento hasta llegar a 4.0 mg/l tanto en el estanque de restauración como en el tanque con agua a ser reutilizada, este nivel, permite la proliferación de gran variedad de organismos de vida libre.

El oxígeno es un gas imprescindible para la productividad natural, donde observamos que los mejores niveles de oxígeno disuelto se encuentra en el estanque de restauración y el tanque con agua de reutilización; esto se debe a la gran proliferación de fitoplancton y la inoculación de plantas acuáticas logrando que los niveles de oxígeno estuvieron por encima de 4.0 mg/l.

4.2.2. Niveles de Bióxido de Carbono CO₂ en mg/l

Meses	Tanque Séptico	Est. Restauración	T. agua reutilizable
Enero	8,00	6,00	6,00
Febrero	8,00	5,00	4,00
Marzo	6,00	5,00	3,00
Abril	6,00	3,00	2,00
Mayo	7,00	2,00	2,00

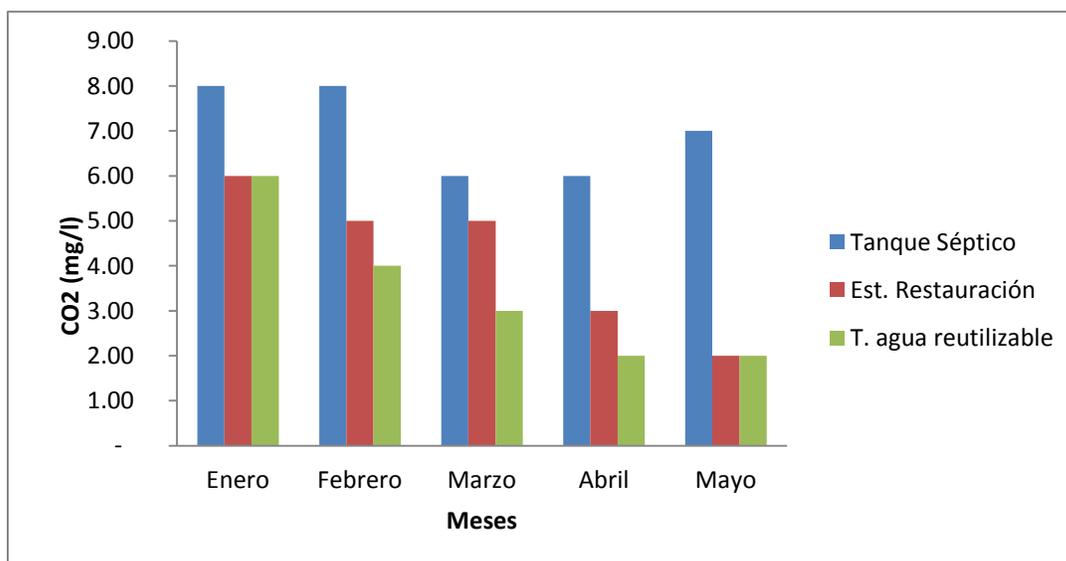


Gráfico 3. Niveles de Bióxido de Carbono CO₂ (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

INTERPRETACIÓN

En el gráfico N° 3 se puede observar que los niveles de CO₂ en el tanque séptico son casi constantes, pero conforme transcurre el tiempo los niveles van disminuyendo hasta 2.0 mg/l en el estanque de restauración y tanque con agua a ser reutilizada.

4.2.3. Niveles de Alcalinidad en mg/l

Meses	Tanque Séptico	Est. Restauración	T. agua reutilizable
Enero	55,00	60,00	62,00
Febrero	40,00	50,00	60,00
Marzo	48,00	54,00	58,00
Abril	57,00	68,00	65,00
Mayo	56,00	64,00	61,00

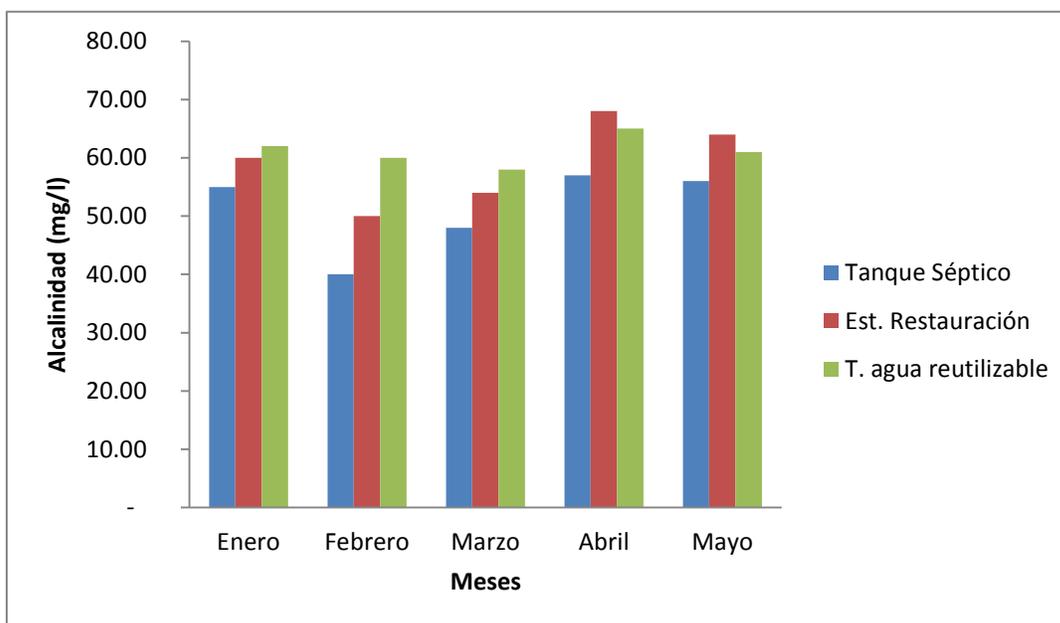


Gráfico 4. Niveles de Alcalinidad (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

INTERPRETACIÓN

La Alcalinidad es otro parámetro importante y está referido a todas las bases presentes en el agua, principalmente Carbonatos y Bicarbonatos, estas sustancias son muy importantes ya que actúan como Buffer, haciendo que la variación del pH en todo el día su variación sea mínima. Generalmente para una adecuada proliferación de plancton la alcalinidad total no debe ser menor de 20mg/l. En este caso se registraron valores de hasta por encima de 50 mg/l.

4.2.4. Niveles de Dureza total en mg/l.

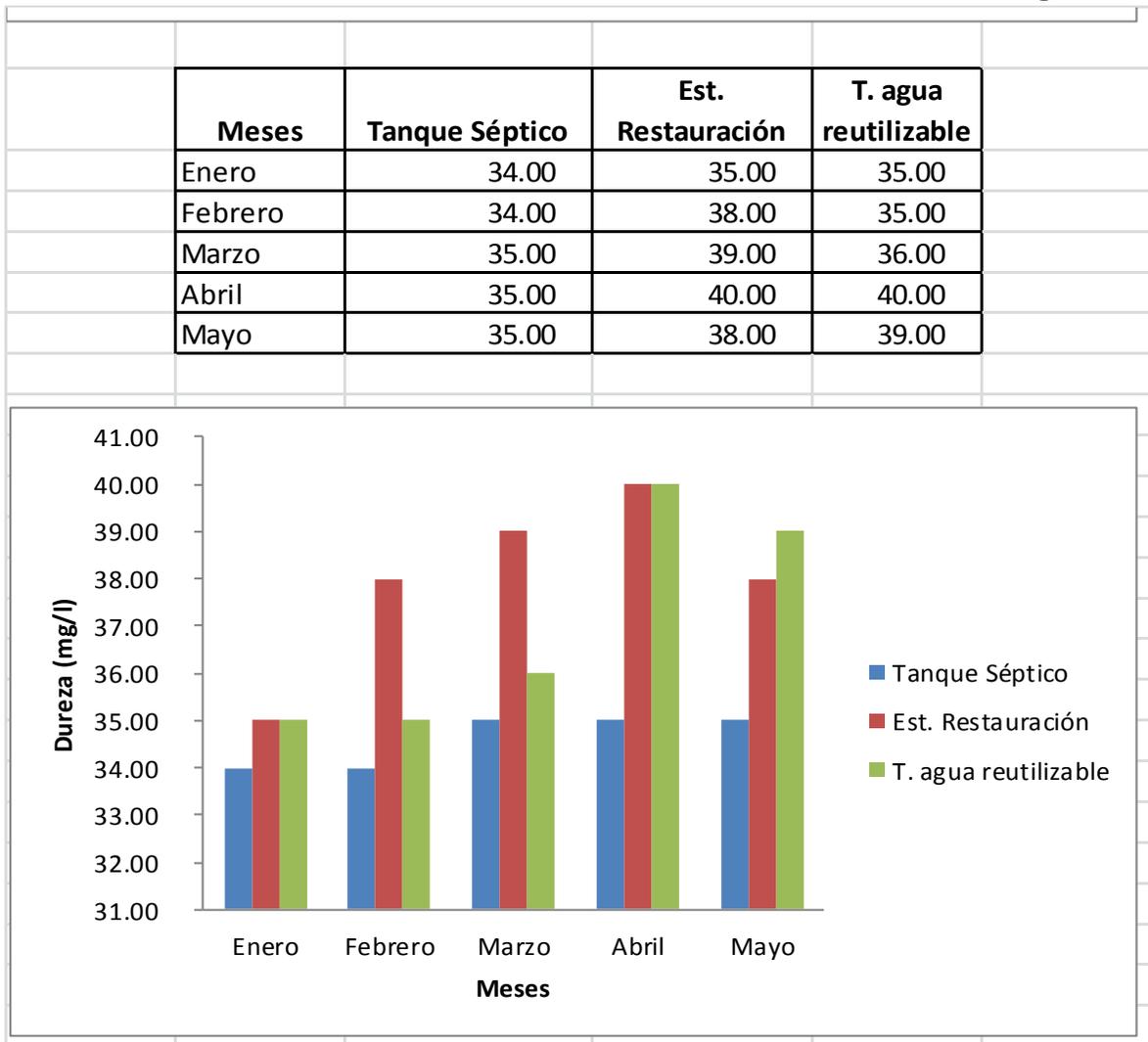


Gráfico 5. Niveles de Dureza Total (mg/l) en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

INTERPRETACIÓN

La dureza total, se refiere a la medida de iones de metales o de elementos divalentes presentes en el agua, los principales son el calcio Ca^{2+} y magnesio Mg^{2+} presentes en el agua ya que son los que se encuentran en mayor proporción, estos iones pueden estar asociados a los carbonatos, los valores recomendados para la dureza son los mismos que para la alcalinidad es decir por encima de 20 mg/l. (Kubitza, 1998).

Además la dureza total es idéntica a los equivalentes de CaCO_3 (mg CaCO_3/l). En aguas naturales los valores de dureza total generalmente se equiparan o son similares a la alcalinidad total, es decir calcio y magnesio. Sin embargo existen aguas de alta alcalinidad y baja dureza, como en este caso.

4.2.5. Niveles de pH

Meses	Tanque Séptico	Est. Restauración	T. agua reutilizable
Enero	3,00	2,00	3,50
Febrero	4,00	3,00	4,00
Marzo	4,00	3,00	4,00
Abril	4,50	5,00	4,50
Mayo	3,00	5,00	5,00

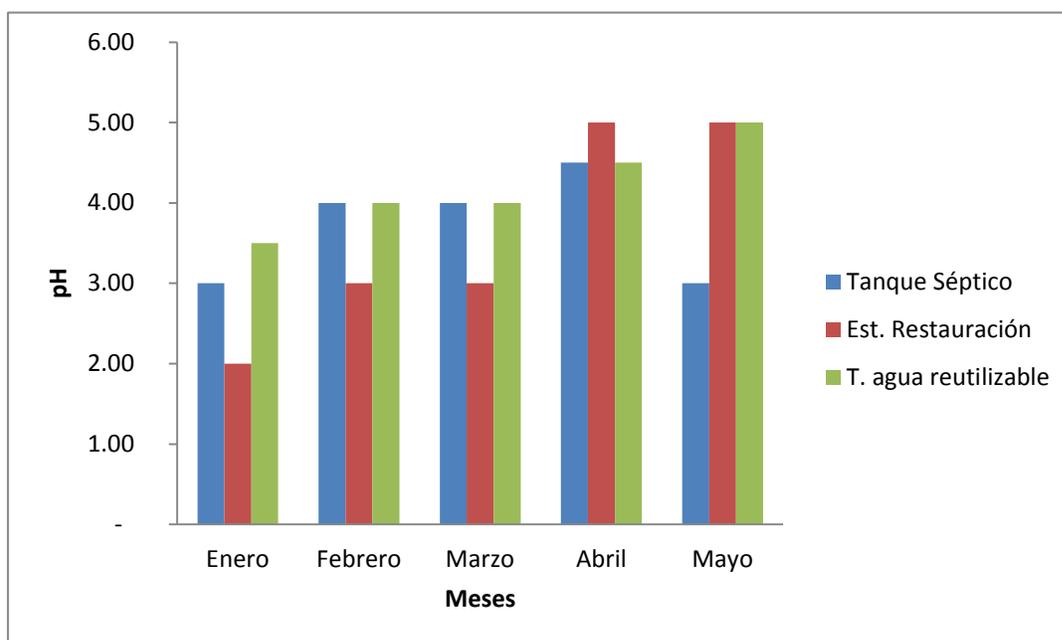


Gráfico 6. Niveles de pH, en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

Este parámetro indica los niveles de iones hidrógeno, cuyos valores están dados de 0-14; con una neutralidad de 7.0, este rango es lo ideal para una producción natural óptima.

INTERPRETACIÓN

En nuestro caso observamos 5.0, que si bien es un rango un tanto ácido sin embargo la proliferación de plancton podríamos decir que fue regular. La variación del pH depende del pH de la fuente de agua y el pH del suelo.

4.2.6. Niveles de Temperatura °C

Meses	Tanque Séptico	Est. Restauración	T. agua reutilizable
Enero	24,00	27,00	27,00
Febrero	23,00	25,00	25,50
Marzo	22,50	27,00	25,00
Abril	24,00	27,00	27,00
Mayo	24,50	28,00	27,00

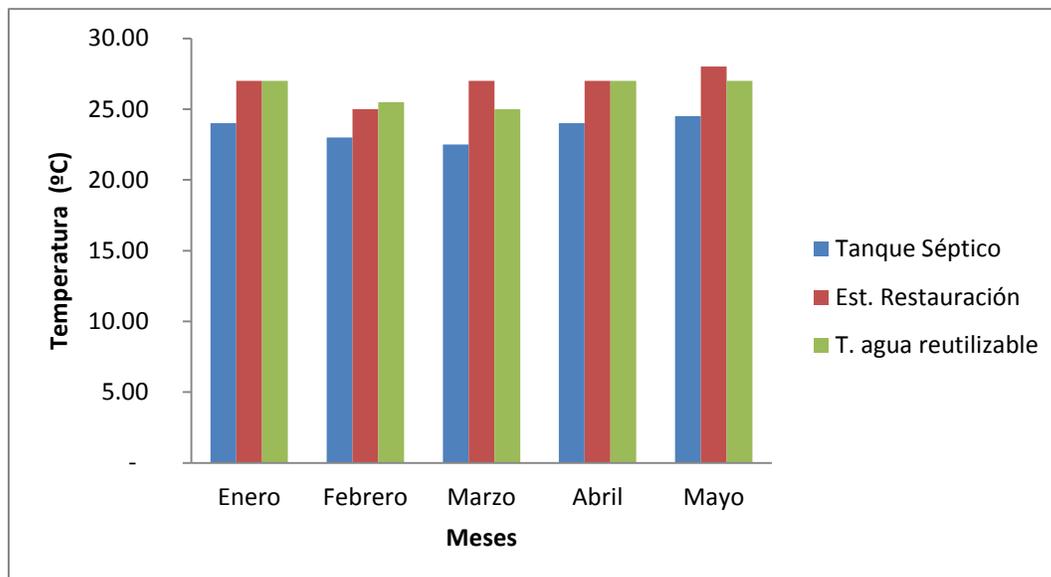


Gráfico 7. Niveles de Temperatura (°C), en las diferentes fases de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho.

La temperatura es muy importante en los procesos reproducción, crecimiento y metabolismo de organismos acuáticos: a mayor temperatura se incrementa la proliferación de bacterias aerobias y organismos componentes del plancton y consecuentemente se acelera el metabolismo celular y digestivo; es decir la comida en el tracto digestivo será menor. Asimismo a mayor temperatura el oxígeno del agua disminuye.

INTERPRETACIÓN

Se observa que la variación de la temperatura en las tres fases de tratamiento es mínima, encontrándose menor variación en el estanque de restauración y el tanque con agua a ser reutilizable. La mayor proliferación de organismos acuáticos oscila entre 26 °C a 28 °C.

ESCALAS SUGERIDAS PARA AGUAS CON FINES DE RIEGO- INFOAGRO.

Es un cuadro representativo de todas las características físicas, químicas y biológicas, para ser consideradas como Aguas de Riego por Ministerio de Agricultura.

VARIABLES	UNIDADES	VALOR SUGERIDO
Factores de PH	Mg/l (ppm)	
PH		5.4-6.8
Carbonatos (CO ₃)	Ppm	0
Bicarbonatos (HCO ₃)	Ppm	<100
Carbonatos de Calcio (CaCO ₃)	Ppm	<122
Dureza	Ppm	150
Macroelementos		
Nitrógeno (N) total disponible	Ppm	<10
Nitrato (NO ₃ -N)	Ppm	<10
Amonio (NH ₃ -N)	Ppm	<10
Fosforo (P)	ppm	<0.3
Fosfato (PO ₄)	Ppm	<1
Potasio (K)	Ppm	<10
Calcio (Ca)	Ppm	0-120
Magnesio (Mg)	Ppm	0-24
Sulfato (SO ₄)	Ppm	30-45
Factores de Salinidad		
Conductividad eléctrica (gral.)	µsiemens/cm	<2,00
Conductividad eléctrica (plántulas)	µsiemens/cm	<750
Sólidos disueltos (gral.)	Ppm	<1,300
Sólidos disueltos totales	Ppm	<480
RAS	Ppm	<4
Sodio (Na)	Ppm	<70
Cloro (Cl)	Ppm	<700
Turbidez		
	NTU	<1
Elementos Traza		
Flúor (F)	Ppm	<0.2
Cobre (Cu)	Ppm	<0.2
Zinc (Zn)	Ppm	<0.3
Hierro (Fe)	Ppm	<0.4
Manganeso (Mn)	Ppm	<1.0
Boro (B)	Ppm	<0.5

Fuente: Infoagro.com (2010)



**CUADRO COMPARATIVO – INTERPRETACION DE
ANALISIS DE AGUA INFOAGRO– AGUAS
BIOREMEDIACION**



ESCALA SUGERIDA PARA AGUAS CON FINES DE RIEGO	UNIDADES	VALOR SUGERIDO	AGUAS DEL RIO CUMBAZA	AGUAS TRATADAS POR BIOREMEDIACION RECREO EL RANCHO
PH	mg/l (ppm)	5.4-6.8	6.76	6.66
C.E.μ s/m	88/m	-	113.1	80
CATIONES SOLUBLES				
Calcio (Ca)	ppm	0-120	5.8	6.43
Magnesio (Mg)	ppm	0-24	0.57	0.51
Potasio (K)	ppm	<10	0.35	0.45
Sodio (Na)	ppm	<70	6.96	8.63
Nitratos (NO ₃ -N)	ppm	<10	0.303	0.52
Cloruros (Cl)	Ppm	<700	0.14	0.21
Sulfatos (SO ₄)	Ppm	30-45	2.1	1.96
Carbonatos (CO ₃)	Ppm	0	0.23	0.21
Fosforo (P)	Ppm	<0.3	1.14	1.0
Oxigeno Disuelto (OD)	Ppm	<10	6.69	6.68

Fuente: Infoagro.com (2010)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
ANÁLISIS DE AGUAS



N° Muestra	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ca mg/l	Mg mg/l	K mg/l	Na mg/l	P mg/l	N %	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	CO ₃ ⁻² mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	OD mg/l
CUMBAZA	6.76	113.1	5.08	0.57	0.35	6.96	1.14	0.042	0.14	2.1	0.23	0.0110	0.303	6.697
TRATADA (Contaminada)	6.66	80	6.43	0.515	0.45	8.63	1.00	0.032	0.21	1.96	0.21	0.0070	0.32	6.68

METODOLOGÍAS	
pH	Potenciómetro
C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductímetro
Cationes solubles Ca, Mg, K, Na	Absorción Atómica (EAA)
Nitratos (NO ₃)	Colorimetría
Cloruros (Cl ⁻)	Titulación con nitrato de plata
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	Colorimetría con cromato de Bario
Carbonatos (CO ₃ ⁻²)	Titulación con H ₂ SO ₄
Fósforo (P)	Colorimetría azul de Molibdeno
Oxígeno Disuelto (OD)	Fotometría Kit Fotométrico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
ANÁLISIS DE AGUAS Y CONDUCTIVIDAD



FECHA DE REPORTE: 22/08/2014

N° Muestra	PH	C.E.dS/m	Ca meq/l	Mg meq/l	K meq/l	Na meq/l	PO ₄ ⁻⁴ meq/l	N %	Cl ⁻ meq/l	SO ₄ ⁻² meq/l	CO ₃ ⁻² meq/l	NO ₂ ⁻ meq/l	NO ₃ ⁻ meq/l
CUMBAZA	6.76	0.1131	0.254	0.0475	0.009	0.3	0.0480	0.042	0.004	0.0437	0.0076	0.0002	0.0049
TRATADA(Contaminada)	6.66	0.08	0.3215	0.0429	0.012	0.38	0.0420	0.032	0.006	0.0408	0.007	0.0002	0.0051

METODOLOGÍAS	
PH	Potenciómetro
C.E.µS/cm	Conductímetro
Cationes solubles Ca, Mg, K,Na	Absorción Atómica (EAA)
Nitratos (NO ₃)	Colorimetría
Cloruros (Cl ⁻)	Titulación con nitrato de plata
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	Colorimetria con cromato de Bario
Carbonatos (CO ₃ ⁻²)	Titulación con H ₂ SO ₄
Fósforo (P)	Colorimetría azul de Molibdeno
Oxígeno Disuelto (OD)	Fotometria Kit Fotométrico

Con respecto a la conductividad electrica (C.E. ds/m) las muestras no tienen riesgo de salinidad, por tanto no hay restriccion para uso agricola y puede utilizarse con cualquier cultivo y en todos los suelos, teniendo un indice de salinidad C1.

Muestra	RAS	CLASIFICACIÓN	Turbidez UNT	B mg/l	OD mg/l
CUMBAZA	0.77	C1S1	23.12	0.56	6,697
TRATADA	0.89	C1S2	12.2	0.65	6.68

UNT: Unidad Nefelometrica de la Turbiedad

ESCALAS DE INTERPRETACIÓN PARA AGUAS

clasificación	Ca meq/l	Mg meq/l	K meq/l	Na meq/l	Cl ⁻ meq/l	SO ₄ ⁻² meq/l	CO ₃ ⁻² meq/l	NO ₃ ⁻ meq/l	B mg/l
bajo	0 - 0.45	0 - 0.3	0 - 0.5	0 - 5	0 - 2	0 - 2	0 - 1	0 - 1.5	0 - 1
medio	0.45 - 3	0.3 - 1	0.5 - 1	5 - 10	2 - 7	2 - 4	1 - 3	1.5 - 3.5	1 - 3
alto	> 3	> 1	> 1	> 10	> 7	> 4	> 3	> 3.5	> 3
INDICE DE ALCALINIDAD	RAS	RECOMENDACIONES							
S1	0 - 10.	Puede utilizarse para el riego en todas las condiciones							
S2	10 - 18.	Puede suponer riesgos de toxicidad en algunas condiciones como por ejemplo suelos arcillosos de alta capacidad de cambio de bases.							
S3	18 - 26.	Puede producir niveles perjudiciales de sodio de cambio en la mayoría de los suelos y requiere cuidados especiales de éstos, como buen drenaje, lavado abundante y aporte de materia orgánica.							
S4	26 - 30.	No es aconsejable utilizarla para riego salvo en el caso de que posea niveles bajos o medios de salinidad (C1 a C2) y se aporte Calcio o yeso al suelo							
INDICE DE SALINIDAD	C.E. dS/m	Riesgo de Salinidad			RECOMENDACIONES				
C1	0.1 - 0.25	BAJO Sin restricción para uso agrícola			Puede Utilizarse con cualquier cultivo y en todos los suelos				
C2	0.25 - 0.75	MEDIO Restricción de uso grado moderado			Puede utilizarse en todos los suelos, excepto en los de permeabilidad escasa y en cultivos de tolerancia moderada a la salinidad				
C3	0.75 - 2.25	ALTO Restricción de uso de grado elevado			No puede utilizarse en suelos de escaso drenaje y en todo caso requiere de vigilancia especial de los niveles de salinidad. Solo debe emplearse en cultivos tolerantes				
C4	> 2.25	MUY ALTO Restricción de uso de grado severo			No puede utilizarse para regar en condiciones normales, pero excepcionalmente puede utilizarse en condiciones específicas como en suelos muy permeables y para cultivos muy tolerantes				

4.3. Digestión anaerobia e inoculación de organismos restauradores.

4.3.1. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y CO₂ en ausencia de oxígeno con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas. Un gran número de microorganismos que trabajan en serie o en serie-paralelo, degradan la materia orgánica en sucesivas etapas. La primera, donde las partículas por hidrólisis se degradan convirtiéndose en algunos casos en ácidos grasos volátiles, una segunda etapa donde estos ácidos se convierten en ácido acético CO₂ e hidrogeno y finalmente en muchos casos se convierten en Metano.

En el proceso anaerobio, sólo una pequeña cantidad de la energía contenida en el sustrato es utilizada en el mantenimiento y crecimiento celular, quedando una gran parte en los productos, en forma de biogás. Esto hace que el tiempo de crecimiento sea lento, lo que condiciona el diseño y la operación de los digestores anaerobios (Lema et al., 1992, adaptada de Henze e Harremoës, 1983). El tratamiento anaerobio además presenta una gran versatilidad pudiendo aplicarse a gran o a muy pequeña escala. Alaeys (1993). El sistema de tratamiento de aguas servidas del Recreo Turístico El Rancho, con la construcción de un Tanque Séptico, cumple la función de la digestión anaerobia.

4.3.2. Inoculación de organismos restauradores

Esta tecnología o técnica de descontaminación es efectiva, no intrusiva y de bajo costo. De hecho, es la alternativa que ofrece la relación costo-beneficio más conveniente respecto de los métodos mecánicos o químicos para remover sustancias o compuestos peligrosos del suelo. Por otra parte, es estética y naturalmente amigable con el ambiente, por lo que se presenta como una forma de descontaminación socialmente aceptable para ser aplicada no solo a comunidades circundantes de grandes urbes sino también a recreos turísticos y

viviendas que no cuentan con redes de desagüe, como es el caso particular del presente trabajo.

La fitorremediación como una cuestión prioritaria en la restauración ambiental, presenta numerosas ventajas ya que funciona en una amplia variedad de sitios y sobre innumerables contaminantes. Actuando como filtros o trampas, las plantas pueden degradar los contaminantes orgánicos, extraer los contaminantes metálicos o contener y estabilizar su movimiento.

4.3.2.1. Plantas acuáticas utilizadas

Lentejita de agua

Nombre Común: Lentejita de agua

Nombre científico: *Lemna minor*

Familia: *Lemnaceae*.



Origen

Se extiende por la mayoría de hábitats, podemos encontrarla en casi todos los continentes, apareciendo en charcas, lagos, estanques o arroyos con poco movimiento, claro está de agua dulce.

Descripción

Está formada por dos o tres hojas redondas-ovaladas, de forma plana o mínimamente abultada, con raicillas no ramificadas. La longitud de las raíces varía en función del nivel de nitratos, por lo que se puede utilizar como tampón nivelador de los mismos.

Rara vez florecen, pero si lo hacen sus flores son diminutas. Se reproducen por vía vegetativa, es decir, división de las hojas simples que crecen hasta desarrollar dos raíces diferentes y se separan. Su velocidad de reproducción es muy elevada y puede convertirse en una plaga. La forma de eliminarla o controlarla es tan sencilla como extraerla del acuario con una red

cuando su número sea excesivo. Tiene entre 0.5 y 1.0 cm de alto por 1.0 cm de ancho, puede crecer en temperaturas que van desde los 5°C a 30°C y un pH que oscila entre 4.5 y 9.0 y en aguas blandas y muy duras.

Es una planta muy buena para crear zonas de sombra y refugio para muchos organismos acuáticos en acuarios y estanques, gusta de zonas con escasa o nula corriente, es una planta de crecimiento muy rápido, muy adecuada para reducir el nivel de nitratos, mientras más grandes sean sus raíces mayor nivel de nitratos presentes.

Lechuga de agua

Nombre común o vulgar: Lechuga de agua, Lechuguilla, Repollo de agua, Repollito de agua.

Nombre científico o latino: *Pistia stratiotes*

Familia: Araceae.



Origen

América tropical, pero también está extendida en otras regiones. Amplia distribución en todas las regiones tropicales y subtropicales, es decir todas las regiones cálidas del mundo.

Descripción

En la naturaleza puede constituir una verdadera plaga. Planta acuática flotante en las regiones de origen y semiacuática o de terreno fangoso palustre en las regiones mediterráneas. Hojas dispuestas en roseta de color verde, suave y tomentoso, tienen un aspecto parecido a la lechuga.

Planta compuesta de excesivas raicillas, que permite atraer los sustratos originados en las posas, estanques o lagunas. Son plantas de gran valor ornamental más por la belleza de sus hojas y espigas que por sus diminutas flores, y últimamente utilizada en procesos de fitorremediación.

- Usos: para acuarios, pequeños estanques o para lugares muy húmedos situados en la proximidad de las corrientes de agua.
- Multiplicación: es fácil de propagar por estolones. También se puede propagar por semillas.

Reproducción

Es rápida, las plantas botan sus semillas al fondo del agua (tierra) en un periodo de 10 a 12 días, las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número.

Bolaños et, al. (2008) manifiestan que en una investigación sobre fitorremediación con *Pistia* y *lemna*, los parámetros físico-químicos del agua se incrementaron a lo largo de 15 días de monitoreo. Condiciones similares se encontró en los parámetros registrados en la presente investigación: principalmente Oxígeno, pH, dureza y alcalinidad total.

Walstad (1999) utilizando la planta acuática *Pistia stratiotes* (lechuguita de agua) demostró que tan rápido elimina los nitritos y el amonio. Esta planta, fue ubicada en una solución que contenía 0.025 mg/l de nitrógeno en forma de nitratos y requirieron alrededor de 18 horas para absorberlos. Sin embargo, plantas de la misma especie colocadas en una solución nutritiva que contenía 0.025 mg/l de nitrógeno en forma de amonio, necesitaron sólo 3.9 horas para absolverlo.

Vallisneria

Nombre común o vulgar : *Vallisneria*

Nombre científico : *Vallisneria sp*



Origen

Son originarias de regiones tropicales y subtropicales de ambos hemisferios, pero su distribución geográfica es tan amplia que abarca casi todo el mundo. Algunas especies parecen haber sido introducidas artificialmente en zonas geográficas que no le son propias, habiéndose desarrollado con adaptación al ambiente. Planta sumergida con hojas totalmente basales, bastante largas, acintadas, de medio a un centímetro de anchura, ligeramente ciliadas denticuladas en la extremidad.

Descripción

Es una planta acuática de las más comunes en acuarismo. Esto se debe a que todas las especies (algunas tropicales y otras subtropicales), son bastante resistentes, se reproducen con cierta facilidad, sus hojas acintadas son especialmente aptas para formar matas altas o cubrir fondos y rincones y su precio en el mercado es muy accesible. Se las puede multiplicar mediante la separación de los estolones portadores de una roseta de hojas.

4.3.2.2. Peces utilizados

TILAPIA

FAO-Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)

- *Phylum chordata*
- *Subphilum vertebrata*
- *Superclase gnatostomata*
- *Serie pises*
- *Clase actinopterygil*
- *Orden perciformes*
- *Familia ciclidae*
- *Género Oreochromis*
- *Oreochromis niloticus*



La tilapia es un pez teleósteo originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento.

Presentan una gran resistencia física, crecimiento acelerado, alta productividad y adaptación al cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos. Estos

peces viven en aguas cálidas y su óptimo desarrollo se logra en temperaturas superiores a los 22° C.

Otra característica por la que es fácil su cultivo es que viven tanto en aguas dulces como salobres e incluso pueden acostumbrarse a las aguas poco oxigenadas

La Tilapia es un pez omnívoro, se alimenta de fito y zooplancton, plantas acuáticas, insectos, etc., y desovan naturalmente varias veces al año y se adapta fácilmente al cautiverio (Bentsen *et al.*, 1996).

La tilapia comúnmente cultivadas sobreviven a concentraciones de Oxígeno Disuelto por debajo de 0.5 mg/l, niveles bastante bajos para otras especies de peces (Kubitza, 1959). El género *Oreochromis* es bastantes resistente a niveles de 0.1 mg/l, el nivel mínimo de Oxígeno disuelto que soporta los alevinos de tilapia del Nilo con pesos de entre 10 a 25g, en estanques, varía de 0.4 a 0.7 mg/l por 3 a 5 horas (Philipart & Ruwer 1982).

Por estas características la tilapia se viene utilizando en los procesos de biorremediación de ambientes contaminados principalmente de aguas residuales de procedencia doméstica, como es el caso del **recreo turístico El Rancho**. Se conoce que la tilapia fue introducida a la Región San Martín en la década del 60 con la especie *Tilapia rendalli*, y en la década del 70 *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis*.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los resultados permiten inferir que es posible utilizar las plantas acuáticas *Pistia Stratooides*, *Lemna minor* y *Vallisneria sp.* , en el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- La tilapia, por ser un pez de alta rusticidad, se adaptó con suma facilidad en el estanque de restauración contribuyendo al mejoramiento del ambiente alimentándose del plancton y materia orgánica semi digerida.
- Los MAMV en el tanque de reutilización disminuye aproximadamente en un 60%.
- La aparición de microorganismos de vida libre como fito y zooplancton, en el estanque de restauración como en el tanque con agua a ser reutilizada; obedece a las condiciones favorables aeróbicas y procesos fotosintéticos; participando en el proceso de remoción de materia orgánica formando de esta manera una micro cadena alimenticia.
- De acuerdo al cuadro comparativo de las aguas del rio Cumbaza y las aguas tratadas del recreo turístico EL RANCHO .son permisibles las aguas para uso de riego.
- Se recomienda principalmente a las comunidades pequeñas y residencias aplicar los resultados del presente proyecto para restaurar o conservar el medio ambiente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyave, M. 2004. La lenteja de agua Lemna minor L. una planta acuática promisoría, Revista EIA, ISSN 1794-1237 N° 1p 33-38.
- Alaeyts G.J.; Veenstra, S.; Bentvelsen, M. and van Duijl, L.A. (1993). Feasibility of Anaerobic Sewage treatment in sanitaria strategies in Developing Countries. *Water. Sci. Tech.* 27 (1), 179-186.
- APHA. AWWA. WEF. 1995. "Standard Method for the examination of water and wastewater. Edition 19th.
- Bentsen, H.; Boye, B.; 1996. Características y perspectivas del cultivo de "tilapia".
- Bolaños, S.V.; Casas, J.C.; Aguirre, N.J. 2008. Análisis comparativo de la remoción de un sustrato orgánico por las macrófitas *Pistia stratiotes* y *Egeria densa*, en un sistema Batch. Universidad Nacional de Colombia, Gestión y Ambiente, Vol. 11. N° 2, pp39-48.
- Blundi, C.E. 1988. Aplicação de métodos alternativos de determinação da matéria orgânica e Biomassa em águas residuárias de São Carlos, 329 p. Tese Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- CEPIS, 1977. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Derek R. Lovley y JP Elizabeth Phillips. 1992. Biorremediación de contaminación de uranio con la reducción de uranio enzimática. *Environ Sci Technol* 26 (11) :2228-2234.
- Federación Europea de Biotecnología-EFB, 1999. Environmental Biotechnology, Briefing paper 4, Second Edition.
- Fernández, J., 2001. Filtro autoflotante de macrófitas para la depuración de aguas residuales p. 171-180.
- FAO, 205-2014. Programa de información de especies acuáticas, Ubicación Taxonómica de la Tilapia.

- http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es.
- Gildan, 2002. Sistema Biotop de Gildan.
- Hidalgo, J., Montano, J. y Estrada, M. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoría* 14. Vol.14 (1): pp. 17-25.
- IIAP. 2003. Zonificación Ecológica y Económica ZEE. Boletín Informativo trimestral Tarapoto, Grupo Técnico ZEE-San Martín.
- http://www.infoagro.com/semillas_viveros/viveros/nutricion_y_riego_en_viveros.htm.
- Kubitza, F., 1998. Limnología aplicada a la Acuicultura; Revista Electrónica de Veterinaria REDVET ISSN-1695-7504-VOL-II-Nº10.
- KUBITZA, F., 1995. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí, SP: p.29-50.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314-Art.- 4º
- Lema, J.M.; Mendez, R. y Soto, M. (1992). Bases cinéticas y microbiológicas en el diseño de digestores anaerobios. *Rev. Ingeniería Química*. 191-201
- Loayza, C. 1996. XXVII Congreso Latinoamericano de Ingeniería Sanitaria Lima Perú.
- Luvy, D., & Libták, B., 1999. Wastewater treatment, first Edition. Editorial Lewis. USA.
- Mara, D., S. Caimcross. 1990. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Medidas de protección de la Salud Pública. OMS. 213p.
- Metcalf & Eddy. 2006. "Ingeniería de Aguas Residuales". Mac Graw-Hill Book Co. 2da Edición.

- Meneses, J. 2003, Calidad del agua en la microcuenca de los Hules-Tinajones, Cuenca del Canal de Panamá, Tesis para obtener grado de Magister Scientiae. Turrialva Costa Rica.
- <http://www.madrimasd.org>.
- <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>
- Obek, E. and H. Hasar. 2002. Role duckweed (Lemna minor L.) harvesting in biological phosphate removal from secondary treatment effluents Fresenius environmental bulleting. 11.27.29.
- Melsy Pérez, 2012. Tecnología para el tratamiento de aguas residuales, Universidad Santa María-Venezuela.
- Philippart, J. C. I.; RUWER, J-CL. 1982. Ecology and distribution of tilapias. In: R. S., V. Publin and R. H. Lowe-Mc Connel (eds). The biology and culture of tilapias. Manila: ICLARM, v. 1, p. 15-59.
- http://www.monografias.com/trabajos20/tilapia/tilapia.shtml#ixzz2Gx_WJq00
- Revista Latinoamericana de Microbiología 2006; 48 (2): 179-187
- **Sánchez, J. 2003.** Evaluación y monitoreo microbiológico y físico químico de una planta de tratamiento de agua residual por rizofiltración, en una empresa productora de discos compactos. Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana; Bogotá Colombia.
- Valdez, E. 1989. Contaminación de Hidrocarburos.
- Walstad, D. 1999. Ecology of the Planted Aquarium. Echinodorus Publishing (Chapel Hill, NC), 194 pp.

VII. ANEXOS

Anexo 1.- VISTAS FOTOGRAFICAS.

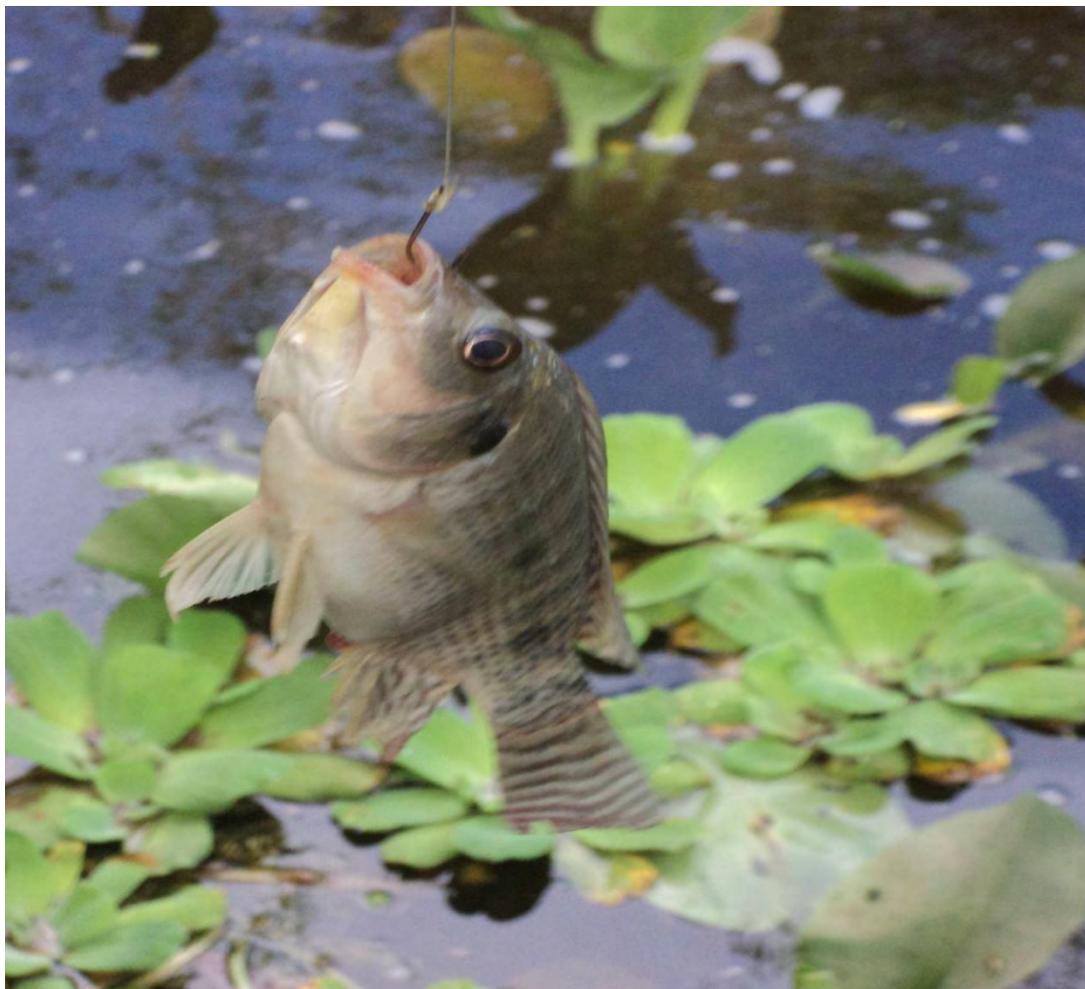


TANQUE SEPTICO DE 2 X 3 X 2.50m
VISTA DE TANQUE SÉPTICO EN CONSTRUCCIÓN



ESTANQUE DE RESTAURACION CON TRATAMIENTO BIOTECNOLOGICO

El estanque contiene plantas acuáticas en sus diferentes variedades mencionadas, así como peces (Tilapias en cantidad de medio kilo de tamaño aproximado dos cm.).



Extracción de una tilapia a los 4 meses, con un tamaño aproximado de 10 cm. En el estanque de restauración.



TANQUE DE AGUA PARA SER REUTILIZADA

La imagen muestra la transparencia del agua reflejando el entorno.



Vista de concurrentes al Recreo Turístico El Rancho





TRATAMIENTO DE AREAS VERDES REGADAS CON AGUA POTABLE





TRATAMIENTO DE AREAS VERDES REGADAS CON AGUA POTABLE





TRATAMIENTO DE AREAS VERDES REGADAS CON AGUA POTABLE



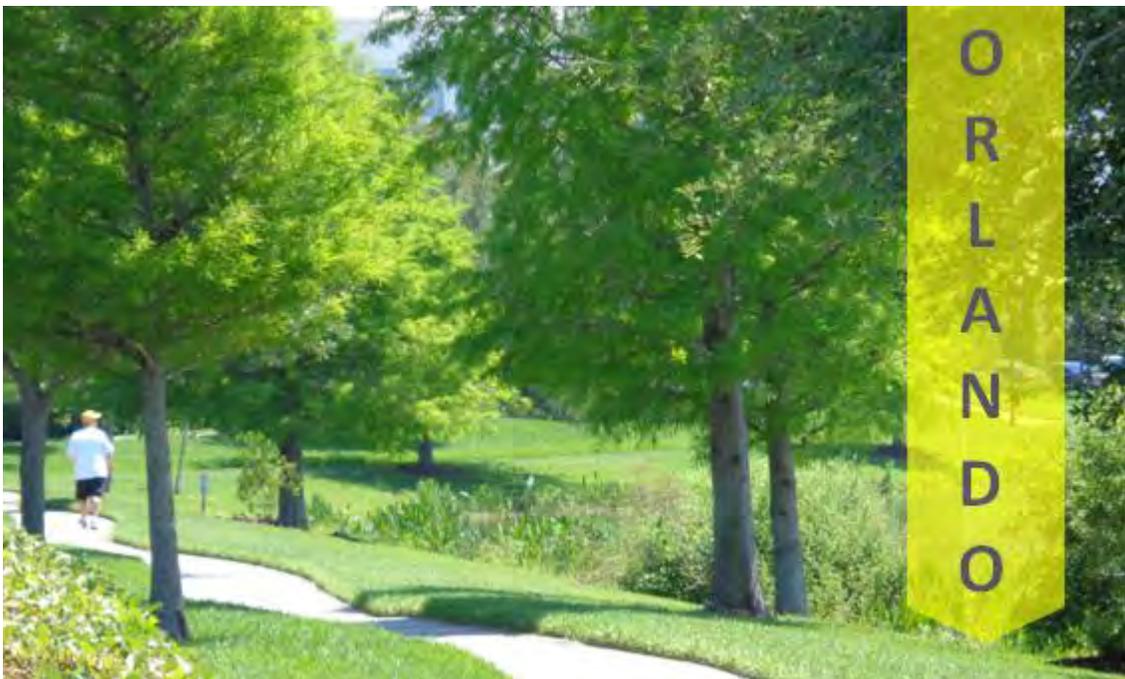


ÁREAS DESÉRTICAS QUE DEBERÍAN SER TRATADAS CON AGUAS RESIDUALES POR BIORREMEDIACIÓN





ESPEJOS DE AGUA DE TIPO ORNAMENTAL TRATADAS POR BIORREMEDIACIÓN



ÁREAS PÚBLICAS Y PRIVADAS REGADAS CON AGUAS POR BIORREMEDIACIÓN



ESPEJOS DE AGUA TRATADAS POR BIORREMEDIACIÓN CON PILETAS ORNAMENTALES DE OXIGENACIÓN



ANEXO 2.- RESULTADOS DEL RECuento DE MICROORGANISMOS MESÓFILOS VIABLES EXPRESADO EN UNIDADES FORMADORAS DE COLONICA (UFC)

	TANQUE SÉPTICO (UFC/ 100ml)	ESTANQUE DE RESTAURACIÓN (UFC/ 100ml)	TANQUE DE REUTILIZACIÓN (UFC/ 100ml)
ENERO	57985456789.00	576000.00	1664.00
	64840800432.80	601600.00	16640.00
	68606765432.10	601600.00	24320.00
	49765000000.00	704000.00	24320.00
	69968007200.00	704000.00	29440.00
	70739000000.00	755200.00	29440.00
	70964320000.00	787626.67	33706.67
	51760000000.00	824929.52	36632.38
	61983000000.00	862232.38	39558.10
FEBRERO	52329600000.00	844800.00	16152.38
	72394290000.00	844800.00	18926.39
	58673229696.00	857600.00	22367.30
	69696090036.10	857600.00	24929.14
	77728643200.00	921600.00	27905.82
	68954326196.50	921600.00	30634.19
	75832415680.00	921600.00	33705.53
	76543298605.30	921600.00	36624.03
	72286432875.40	934400.00	39540.14
MARZO	66778545678.90	701744.76	16174.50
	57484090043.28	746463.15	19006.63
	76860676543.21	782720.87	22310.77
	84976509870.00	813146.84	24929.19
	69968080729.00	833536.90	27875.80
	57073906543.90	854150.18	30700.73
	77096432098.00	874713.37	33711.18
	76517600087.60	898147.22	36629.15
	86198389000.00	925229.46	39535.19

ABRIL	57523296009.00	934400.00	42240.00
	67239429008.61	972800.00	42240.00
	85867322969.60	972800.00	42240.00
	69696090036.10	1164800.00	42240.00
	77286432000.00	1164800.00	42240.00
	68954326196.50	1190400.00	43520.00
	78583241568.00	1190400.00	43520.00
	76543298605.30	1433600.00	47360.00
	72286432875.40	1472000.00	48640.00
MAYO	66596138355.94	1523200.00	40853.33
	57564480043.00	1523200.00	47146.84
	72192076543.90	1548800.00	40613.73
	65539053307.37	1561600.00	42524.66
	75557153243.63	1561600.00	43598.20
	85547328878.46	1561600.00	44634.56
	65546273473.65	1561600.00	45918.80
	75529929477.07	1638400.00	46723.26
	85362229994.08	1638400.00	47256.53

**ANEXO 3. TABLA DE LECTURA PARA NUMERO MAS PROBABLE POR 100 ml. USANDO
TRES POR TRES TUBOS SEMBRADOS CON 10, 1.0 y 0.1 ml. DE MUESTRA.**

Resultados de la lectura del NMP					
N° de Muestra	Meses	10ml	1ml	0.1ml	NMP/100ml
Tanque séptico	Enero	3	3	3	>1100
	Febrero	3	3	3	>1100
	Marzo	3	3	3	>1100
	Abril	3	3	3	>1100
	Mayo	3	3	3	>1100
Estanque de Restauración	Enero	3	3	3	>1100
	Febrero	3	3	3	>1100
	Marzo	3	3	3	>1100
	Abril	3	3	3	>1100
	Mayo	3	3	3	>1100
Tanque de reutilización	Enero	3	2	2	210
	Febrero	3	2	1	150
	Marzo	3	2	1	150
	Abril	3	2	2	210
	Mayo	3	1	3	160

**ANEXO 4.-TABLA DE LECTURA PARA: NÚMERO MÁS PROBABLE POR 100ml. USANDO
TRES X TRES TUBOS SEMBRADOS CON 10, 1.0 y 0.1ml. DE MUESTRA.**

TUBOS POSITIVOS				TUBOS POSITIVOS				TUBOS POSITIVOS			
10 ml	1.0 ml	0.1 ml	NMP/100ml	10 ml	1.0 ml	0.1 ml	NMP/100ml	10 ml	1.0 ml	0.1 ml	NMP/100ml
0	0	1	3	1	2	0	11	2	3	3	53
0	0	2	6	1	2	1	15	3	0	0	23
0	0	3	9	1	2	2	20	3	0	1	39
0	1	0	3	1	2	3	24	3	0	2	64
0	1	1	6	1	3	0	16	3	0	3	95
0	1	2	9	1	3	1	20	3	1	0	43
0	1	3	12	1	3	2	24	3	1	1	75
0	2	0	6	1	3	3	29	3	1	2	120
0	2	1	9	2	0	0	9	3	1	3	160
0	2	2	12	2	0	1	14	3	2	0	93
0	2	3	16	2	0	2	20	3	2	1	150
0	3	0	9	2	0	3	26	3	2	2	210
0	3	1	13	2	1	0	15	3	2	3	290
0	3	2	16	2	1	1	20	3	3	0	240
0	3	3	19	2	1	2	27	3	3	1	460
1	0	0	4	2	1	3	34	3	3	2	1100
1	0	1	7	2	2	0	21	3	3	3	1100+
1	0	2	11	2	2	1	28				
1	0	3	15	2	2	2	35				
1	1	0	7	2	2	3	42				
1	1	1	11	2	3	0	29				
1	1	2	15	2	3	1	36				
1	1	3	19	2	3	2	44				

**ANEXO 5.- VALORES DE REFERENCIA ESTÁNDARES PERMISIBLES EN ALGUNAS
NORMAS PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO EN AGUA DE CONSUMO
HUMANO (OMS 2009)**

NORMA	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
OMS 2004	E. coli o bacterias coliformestermotolerantes	UFC/100ml a35°C	0
REGLAMENTO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO (PERÚ)	• Microorganismos aerobios mesofilos viables (MAMV)	UFC/100ml a35°C	500
	• Coliformes totales	UFC/100ml a35°C	0(*)
	• E. coli	UFC/100ml a 44.5°C	0(*)
	• Coliformestermotolerantes o fecales	UFC/100ml a 44.5°C	0(*)
	• Virus	UFC/ml	0
	• Organismos de vida libre, como: algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N°de organismos/Lt	0
	• Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N°de organismos/Lt	0
CAPRE (Mexico)	• Coliformes totales	UFC/ 100ml	= > 4
	• Coliformes fecales	UFC/ 100ml	0
Otras Normas Legales	• Microorganismos aerobios mesofilos viables (MAMV)	UFC/ml a 37°C UFC/ml a 22°C	hasta 10 hasta 100
	• Coliformes totales	NMP/100ml	< 1
	• Coliformestermotolerantes	NMP/100ml	0
UFC = Unidad Formadora de Colonias (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =< 1,8/100ml.			