



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA.

ESCUELA PROFESIONAL DE ECOLOGÍA.

**ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA
(COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES) EN EL LAGO DE
MORONACOA.**

Presentado por:

SOTIL FLORES, HUGO DANIEL.

Asesor:

Blgo. Carlos Robert Dávila Flores, Mgr.

Tesis para optar el título profesional:

LICENCIADO EN ECOLOGÍA.

SAN JUAN – PERÚ.

2017

DEDICATORIA.

A Dios por iluminarme, guiarme, por darme todos los días la fuerza, la inteligencia y las ganas de seguir adelante con las metas propuestas en el transcurso de mi vida.

A mis padres, Gabel y Alicia por ser el mejor ejemplo que tengo, por apoyarme incansablemente en cada momento de mi vida, por los innumerables consejos, por motivarme a seguir adelante en mi vida académica, por darme ese amor y calidez de familia, por ser comprensivos, por ser más que padres, buenos amigos en quien puedo confiar.

A mis hermanos Gabel y Marcos, por las preguntas que me hicieron referente a mi tesis, porque ello me sirvió para fortalecerme, exigirme un poco más y superar los obstáculos que se presenten en el transcurso de mi vida, para así llegar a culminar esta investigación de mi tesis.

También quiero dedicar esta tesis a todas las personas que se han visto involucradas en su desarrollo, maestros, familiares, amigos y demás colaboradores.

AGRADECIMIENTO.

A Dios por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y cumplir con mis objetivos.

Son muchas a las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, su apoyo, su ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en dónde estén o si alguna vez llegan a leer estas dedicatorias, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional en todo momento y etapa de mi vida, siempre estuvieron allí en cada tropiezo, guiándome con sus buenos consejos para levantarme y seguir adelante con mis metas trazadas.

Al Laboratorio “Planta Piloto” de la Facultad de Ingeniería Química - UNAP, por haberme acogido en sus instalaciones y ayudarme a cumplir con los objetivos planteados en este proyecto de tesis.

Al **Blgo. Carlos Dávila Flores**, por el asesoramiento y apoyo constante e incondicional, por el incansable apoyo moral, por la confianza depositada en cada momento y por sus buenos consejos en cada paso de esta realización del proyecto de tesis; sin ello la culminación de la misma no hubiese dado frutos gratificantes. Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

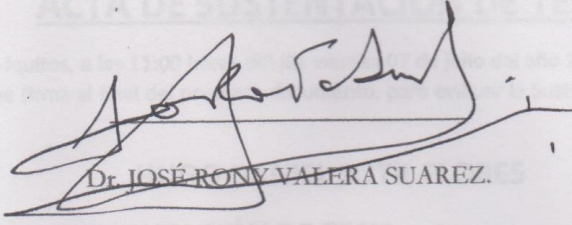


Resolución
Nº 000000
del 2017

FIRMAS DE LOS JURADOS Y ASESOR.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Iquitos, a los 17 días del mes de mayo del año 2017, se reunió el Jurado Examinador, que tiene a su cargo la sustentación del bachiller en Ingeniería:

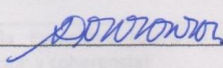

Dr. JOSÉ RONNY VALERA SUAREZ.

PRESIDENTE

"Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (Coliformos totales y termotolerantes) en el Ingo de Marañón Cacha"

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar:

Ítem	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación
1. Dominio del Tema	16	16	16	16
2. Calidad de la Exposición de la Tesis	17	15	16	16
3. Defensa	16	16	16	16
4. Uso de Tiempo	16	16	17	16
5. Sustentación Final	16	16	16	16


Blga. MARJORIE DONAYRE RAMÍREZ, Msc.

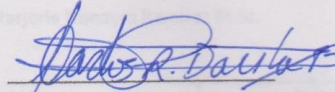
MIEMBRO


Dr. JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ.

MIEMBRO

Aprobado Por: Unanimidad
Calificación Final del Jurado: 16.5

Presidente: Dr. José Ronny Valera Suárez
Miembros: Dr. Juan Carlos Castro Gómez
Miembro: Blga. Marjorie Donayre Ramírez


Blgo. CARLOS R. DÁVILA FLORES, Mgr.

ASESOR

Aprobado por Mayoría	De 16 a 18 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 18 a 19 puntos
Aprobado por Excelente	De 20 a 20 puntos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Iquitos, a las 11:00 horas del día viernes 07 de julio del año 2017, se reunió el Jurado Examinador, que firma al final del presente documento, para evaluar la Sustentación del bachiller en Ecología:

HUGO DANIEL SOTIL FLORES

En la modalidad de: **SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**"Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica
(Coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Morona Cocha"**

Después de las deliberaciones correspondientes, se procedió a evaluar:

Indicador	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Promedio
A) Dominio del Tema	16	16	17	16
B) Calidad de Redacción de la Tesis	17	15	17	16
C) Competencia Expositiva (Claridad conceptual, argumentación y coherencia)	16	17	17	16
D) Calidad de Respuestas	16	16	17	16
E) Uso de Terminología Especializada	16	16	17	16
Calificación Final:		16		16

Aprobado Por: Unanimidad

Calificación Final (en letras): Distinto

Presidente: Dr. José Rony Valera Suarez
Miembro: Dr. Juan Carlos Castro Gómez
Miembro: Blga. Marjorie Donayre Ramírez M.Sc.

INDICADOR	PUNTAJE
Desaprobado	Menos de 13 puntos
Aprobado por Mayoría	De 14 a 15 puntos
Aprobado por Unanimidad	De 16 a 17 puntos
Aprobado por Excelencia	De 18 a más puntos

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
FIRMAS DE LOS JURADOS Y ASESOR	iv
ÍNDICE DE GRAFICOS	viii
ÍNDICE DE ANEXO	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I	13-14
Introducción.....	13-14
CAPÍTULO II	15-27
Marco Teórico y Conceptual.....	15
2.1. Marco Teórico Referencial.....	15
2.1.1. Bases Teóricas.....	15
- Indicadores de contaminación fecal.	15
- Bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal.....	16
- Coliformes Totales.....	16
- Coliformes Termotolerantes.....	17
- Fuente.....	17
- Parámetros Microbiológicos.....	17
- Características.....	18
-Técnica de análisis.....	19
-Estándares nacionales de calidad ambiental para agua.....	19
2.1.2 Definiciones de términos básicos.....	20
-Aguas residuales.....	20
-Coliformes termotolerantes.....	20

-Coliformes totales.....	20
-Límite máximo permisible.....	20
-Ley general del agua.....	20
-Fermentación.....	20
-Indicador de contaminación.....	21
-Tubos múltiples de fermentación.....	21
-Análisis microbiológico.....	21
2.2. Antecedentes.....	22-27
CAPÍTULO III.....	28-34
Materiales y Métodos.....	28
3.1. Lugar y desarrollo de la investigación.....	28
3.2. Recursos utilizados.....	28
3.2.1. Materiales.....	28
3.2.1.1. Muestra.....	28
3.2.1.2. Materiales de laboratorio.....	29
a) Equipos.....	29
b) Medios de cultivo.....	29
c) Materiales de vidrio.....	29
d) Otros.....	29
e) Materiales de escritorio.....	30
3.2.2. Software.....	30
3.3. Diseño de Investigación.....	31
3.4. Población y muestra.....	31
3.4.1 Población.....	31
3.4.2. Muestra.....	31
3.5. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos....	31
3.5.1 Etapa de campo.....	32
3.5.2. Etapa de Laboratorio.....	32
- Fase presuntiva.....	33

- Fase confirmativa.....	33
a) Confirmación de coliformes totales.....	33
b) Confirmación de coliformes termotolerantes.....	33
3.6. Análisis de datos.....	34
 CAPÍTULO IV	 35-38
RESULTADOS.....	35-38
CAPÍTULO V	39-42
DISCUSIÓN.....	39-42
CAPÍTULO VI	43
CONCLUSIONES.....	43
CAPÍTULO VII	44
RECOMENDACIONES.....	44
CAPÍTULO VIII	45-50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45-50
ANEXO	51-69

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Nº Título	Pág.
GRÁFICO N°01. Valores obtenidos en el análisis del Lago Moronacocha con los valores de referencia establecidos según el ECA –MINAM (uso conservación del ambiente acuático) en época de vaciante, 2016.....	36
GRÁFICO N°02. Valores obtenidos en el análisis del Lago de Moronacocha con los valores de referencia establecidos según el ECA – MINAM (uso conservación del ambiente acuático) en época de creciente, 2016.....	38

ÍNDICE DE ANEXO.

N°	Título	Pág.
ANEXO 01.	Ubicación del Lago Moronacocha en la ciudad de Iquitos.....	52
ANEXO 02.	Puntos de muestreo en el Lago Moronacocha por época.....	53-54
ANEXO 03.	Fichas de registro de las características geomorfológicas y de la calidad del agua del Lago Moronacocha.....	55-56
ANEXO 04.	Determinación de coliformes totales y coliformes termotolerantes por la técnica de tubos múltiples de fermentación serie de 5 tubos (NMP).....	57
ANEXO 05.	Valores de referencia según uso de conservación del ambiente acuático. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua.....	58
ANEXO 06.	Etapas de Campo. Lago Moronacocha y puntos de muestreos seleccionados.....	59-61
ANEXO 07.	Etapas de Laboratorio.....	62-66
ANEXO 08.	Números combinatorios obtenidos en el análisis y resultados comprobados según la tabla NMP/100ml del Lago Moronacocha Iquitos 2016.....	67-68
ANEXO 09.	Tabla de valores de números combinatorios en serie de 5 tubos en concentraciones de 10ml, 1ml y 0.1ml.....	69

RESUMEN.

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta, estas actividades antrópicas han modificado tanto la calidad de las aguas, como la estructura de las comunidades biológicas debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua en las cuales desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados por lo que constituyen una fuente constante de deterioro del medio ambiente.

El objetivo de este trabajo fue determinar los indicadores de contaminación bacteriológica Coliformes totales (CT) y Coliformes termotolerantes (CF) asociada a contaminación fecal presente en las aguas del Lago Moronacocha considerando las estaciones de vaciante (setiembre, diciembre del 2015) y creciente (enero y febrero del 2016).

Los puntos de recolección de muestras fueron cuatro: **100 metros del colector, entrada del Lago Moronacocha, parte media del Lago y salida del Lago Moronacocha.** Para la recolección de las muestras se emplearon frascos estériles de vidrio, tomando muestras de 150ml. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana para su respectivo análisis, en donde se empleó la técnica de Número más probable.

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante estadística inferencial, a través del análisis univariado de la frecuencia. Se concluye que en el análisis de agua se determinó la presencia de bacterias coliformes en una concentración superior a los Límites Máximos Permisibles que establece la Norma Peruana y se precisa una mayor concentración de bacterias indicadoras de contaminación en la época hidrológica de vaciante.

PALABRAS CLAVE: Coliformes totales, coliformes termotolerantes, Lago Moronacocha.

ABSTRACT.

Water, beside being an essential substance for life, because of its many properties, is extensively used in daily activities, becoming one of the most appreciated resources on the planet, these anthropic activities have modified the quality of the water and the biological structure of communities due to the increase in the organic and inorganic load of the bodies of water in which domestic and industrial wastes are discharged to these aquatic ecosystems without previous treatment or poorly treated for which they constitute a constant source of deterioration of the environment.

The main objective of this study was to determine the bacteriological indicators of contamination, total coliform (CT) and thermotolerant coliform (CF) associated with fecal contamination present in the waters of Moronacocha Lake considering the dry season (September, December, 2015) and high season (January And February 2016).

The collection points of samples were four: 100 meters from the collector, Moronacocha Lake entrance, middle part of the Lake and Moronacocha Lake exit. To collect samples sterile glass bottles were used, taking samples of 150 ml. These samples were taken to the laboratory of the Standard Plant of Chemical Engineering School at the National University of the Peruvian Amazon for examination.

The results were statistically analyzed using inferential statistics, through univariate analysis of frequency. It is concluded that in the water analysis the presence of coliform bacteria was determined in a higher concentration than the Maximum Permissible Limits established by the Peruvian Standard and a higher concentration of bacteria indicative of contamination in the hydrological season of dry.

KEY WORDS: Total coliforms, Thermotolerant coliforms, Moronacocha Lake.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. Estas actividades antrópicas han modificado tanto la calidad de las aguas, como la estructura de las comunidades biológicas debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua, reduciendo considerablemente los usos potenciales que tienen los recursos hídricos, puesto que induce a la mortalidad de especies animales, la descomposición del agua y el crecimiento de bacterias **(1)**.

Además, en muchas ocasiones, los microorganismos se convierten en un riesgo para la salud humana, como es el caso de los agentes patógenos transmitidos por el agua, que constituyen un problema de salud mundial. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones **(2)**. Así mismo, la contaminación de los cuerpos naturales de agua es una problemática que se presenta en la actualidad, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados y por lo que constituyen una fuente constante de deterioro del medio ambiente **(3)**. De igual forma en las zonas rurales la contaminación procede de la deposición a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos **(4)**.

Es importante destacar que cada vez es más frecuente las enfermedades de origen hídrico, estén relacionadas con la presencia de microorganismos emergentes y reemergentes. El

aumento de este tipo de microorganismos está relacionado con cambios drásticos en el ambiente y en la población aumentados por los procesos de urbanización, la expansión de la pobreza, la ocupación de regiones no habitadas anteriormente, las migraciones no controladas, la facilidad y rapidez en los desplazamientos y el movimiento creciente de animales y de productos de origen animal **(5)**.

Determinar el tipo de microorganismos presentes en el agua y su concentración proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación al control de vertidos, tratamiento de aguas y conservación de ecosistemas, evitando así el riesgo de contaminación de las personas y el ambiente **(6)**.

Frente a estas dificultades y a la necesidad de hacer una evaluación rápida y fiable de la presencia de patógenos en el agua, se ha planteado la necesidad de trabajar con determinados grupos indicadores (Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes) **(7)**.

Por lo que la determinación del grado de contaminación bacteriológica y la determinación de los indicadores de calidad de agua (Coliformes totales y Coliformes termotolerantes) permitirá conocer mejor el estado de las aguas; así mismo, nos permitirá conocer la importancia que tiene como indicador de la calidad de ecosistemas acuáticos (Lago de Moronacocha), tomar medidas preventivas y de apoyo logístico, científico para una posible restauración del ecosistema afectado. Además, esta información nos permitirá alertar a las autoridades competentes, con el fin de implementar estrategias o tomar acciones para una adecuada vigilancia de los desechos vertidos al río. También, los resultados de esta investigación aportarán elementos de juicio para investigaciones posteriores relacionadas a la contaminación de los ecosistemas acuáticos por organismos fecales **(8)**.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.

2.1. Marco teórico referencial.

2.1.1 Bases teóricas:

La calidad microbiológica de las aguas es un modo de definir la riqueza biológica y el valor ambiental de las comunidades de seres vivos asociados al ecosistema de un curso fluvial, o de un tramo concreto de él.

Entre los contaminantes naturales del agua se encuentran virus, bacterias y otras formas de vida; especies minerales disueltos; productos orgánicos solubles y sólidos orgánicos e inorgánicos suspendidos. La concentración de estos contaminantes naturales puede incrementarse o aún ser suplida por otros materiales productos de la tecnología industrial o agrícola.

Uno de los problemas sanitarios más críticos en los países de América Latina es la descarga incontrolada de aguas residuales domésticas sin tratamiento, las cuales contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y las zonas costeras. La eliminación inadecuada de excretas, dada por la ausencia o el deficiente sistema de alcantarillado y tratamiento, están asociados a la contaminación del agua y causa numerosas enfermedades, tales como el cólera, la amebiasis, la hepatitis, la fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras (9).

- Indicadores de contaminación fecal.

El control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente puede llevarse a cabo mediante la enumeración de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Estas bacterias pueden ser utilizadas para valorar la calidad de los alimentos,

sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio.

Los indicadores de contaminación fecal más utilizados son los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos (10).

- Bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación fecal debido a que estos forman parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, tanto del ser humano como de los animales homeotermos y están presentes en grandes cantidades en él. Los microorganismos coliformes constituyen un grupo heterogéneo de amplia diversidad en términos de género y especie. Todos los coliformes pertenecen a la familia Enterobacteriaceae (11).

- Coliformes totales (CT).

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

La prueba más relevante utilizada para la determinación de coliformes, es la hidrólisis de la lactosa. Actualmente, no se recomienda para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que muchos de sus miembros pueden encontrarse de forma natural en aguas, suelos o vegetación (12).

- Coliformes termotolerantes (CF).

Los coliformes termotolerantes (CF), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte de la microbiota normal. Por esto, algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes (13).

- Fuente.

Vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos de animales.

La presencia de Coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes (14).

-Parámetros Microbiológicos (coliformes termotolerantes y coliformes totales).

Es conocido que el "gran enemigo" es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto.

Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando. Son:

- *Escherichia coli*
- *Streptococos fecales*
- Clostridios (anaerobios y formadores de esporas).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas "número más probable" (índice NMP) en 100 ml de agua.

Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables **(15)**.

-Características:

Los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 C°, comprenden a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*.

Los coliformes totales son bacterias gram negativas, forma de bastoncillos, estos se desarrollan en presencia en sales biliares u otros agentes tenso activos, fermentan lactosa a 35-37C°, produciendo gas y ácido. Son oxidasa negativa y no forman esporas.

Las bacterias del grupo coliformes se encuentran en el intestino, en las heces humanas y en las de animales de sangre caliente.

Escherichia coli. Es el principal indicador bacteriano en el agua. Estudios efectuados han demostrado que la *E. coli* está presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente entre 10⁸ y 10⁹ por gramo de heces **(16)**.

-**Técnica de análisis:** Tubos múltiples de fermentación **(17)**. **(Ver anexo N°04)**

-**Estándares nacionales de calidad ambiental para agua:**

Los estándares de Calidad Ambiental (ECA's), fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada **(18)**. **(Ver anexo N°05)**.

2.1.2. **Definición de términos básicos:**

Aguas residuales: El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. También se les llama aguas servidas, fecales o cloacales **(19)**.

Coliformes termotolerantes: Los coliformes termotolerantes (CF), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C. Comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen **(20)**.

Coliformes totales: El grupo coliformes está constituido por bacterias Gram negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 horas de incubación a 35°C. Este grupo está constituido por cuatro géneros principalmente *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella* **(21)**.

Límite máximo permisible: Es un valor establecido normalmente como combinación de concentración y tiempo, para agentes químicos y tóxicos ambientales por encima del cual la exposición es perjudicial y afecta la salud del hombre y del medio ambiente **(22)**.

Ley General del Agua: Es un conjunto de normas que tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta **(23)**.

Fermentación: Es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de

fermentaciones. La fermentación típica es llevada a cabo por las levaduras, las cuales degradan sustancias (24).

Indicador de contaminación: Dícese de la presencia de agentes biológicos dentro de un cuerpo de agua (25).

Tubos múltiples de fermentación: Es un método de análisis de aguas contaminadas para determinar la presencia y el número de bacterias coliformes (26).

Análisis microbiológico: Procedimientos que se siguen para inspeccionar y determinar la presencia, identificación, y cantidad de carga de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación que un cuerpo de agua puede presentar (27).

2.2. Antecedentes

En el 2009, se realizó un estudio de análisis sobre la calidad bacteriológica del agua que se destina para consumo humano en comunidades rurales dispersas del Valle de Mariquina. En donde se recolectó 157 muestras de agua de los pozos de las viviendas particulares, entre los meses de Julio y Agosto del 2008 y se procedió a cuantificar los coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CF) según la técnica del Número Más Probable. Además, en cada muestra positiva a coliformes termotolerantes (CF), se determinó la presencia de *Escherichia coli*. Los análisis microbiológicos mostraron que el 92,4% de las muestras presentó contaminación con coliformes totales (CT), el 59,2% con coliformes termotolerantes (CF) y el 58,6% con bacterias *E. coli*, concluyendo que la gran mayoría de estas aguas no estén aptas para el consumo humano, según lo que establece la Normativa Chilena (28).

Así mismo, en el año 2009, se realizó un estudio sobre la calidad bacteriológica de las aguas del complejo turístico “Las terrazas” con el objetivo de evaluar la calidad bacteriológica de las aguas y determinar la presencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, así como comparar con la calidad bacteriológica del río Almendares. Los resultados obtenidos reflejaron que los ecosistemas acuáticos del complejo turístico “Las Terrazas” no presentan un alto grado de contaminación, encontrándose que los valores de *E. coli* están dentro de los límites máximos permisibles establecidas por las Normas Cubanas en su categoría para aguas de uso recreativo e irrigación; sin embargo, los valores de coliformes termotolerantes fueron ligeramente superiores a lo establecido por las Normas pero muy por debajo de los encontrados en el río Almendares. Se concluyó que las precipitaciones y el incremento en la afluencia del público influyó en el aumento de las concentraciones de coliformes termotolerantes y *E. coli* en el complejo turístico “Las

Terrazas”, por lo tanto se determinó que los ecosistemas del complejo turístico “Las Terrazas” no presentan un alto grado de contaminación **(29)**.

Igualmente, en el 2010, se realizó un monitoreo de la calidad del agua en la Bahía de Santa Marta utilizando como indicador los coliformes termotolerantes y totales. El grado de contaminación fue determinado mediante el Nivel Máximo Permisible. Se seleccionaron nueve estaciones de muestreo, cuatro de ellas en las playas de Santa Marta, Taganga, Playa Grande y el Rodadero; dos en las desembocaduras de los ríos Manzanares y Gaira y las tres restantes en donde se ubica un emisario submarino a diferentes profundidades (Fondo, Profundidad media y Superficie). Los resultados demuestran que la concentración de bacterias coliformes en las estaciones de Playa Grande, Santa Marta, Rodadero y Taganga, mostró un rango de valores entre 127 400 NMP/100 ml y 5 800 NMP/100 ml. Las estaciones ubicadas en las playas de Taganga y Santa Marta, presentaron valores altos en comparación a las playas del Rodadero y Playa Grande. Solo en estas dos estaciones, Santa Marta y Taganga, se encontraron valores superiores de coliformes totales respecto a la Norma de calidad para aguas de contacto primario que establece que para coliformes totales (1000 NMP/100ml). En Playa Grande y Rodadero no se encontraron concentraciones superiores a 1000 NMP/100 ml de coliformes totales **(30)**.

Además, en el 2010, en los meses de Junio y Julio, se realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad bacteriológica del agua para el consumo humano que es transportada en camiones cisterna en la ciudad de Guayana estado de Bolívar, debido a que puede convertirse en un medio de transmisión y adquisición de diversas enfermedades. Se determinaron bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Se realizaron dos muestreos de 10 muestras cada uno; antes y después de la limpieza de los camiones y se procesaron en el Laboratorio Bacteriológico de Aguas de la

Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Concluyendo que todas las muestras están dentro de lo que establece la Norma Sanitaria de la OMS (2005) para la calidad bacteriológica de agua potable. También hubo ausencia de coliformes totales, coliformes fecales en el 100% de las muestras, determinando así que el agua analizada es apta para el consumo humano **(31)**.

Por consiguiente, en el 2010, se hizo un estudio descriptivo sobre la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua en el área de la Reserva de los Cerros Orientales de Bogotá debido a que en dicho lugar se desarrolla actividad porcina. Se analizaron indicadores como coliformes totales y termotolerantes, concluyendo que el agua de la región tiene una adecuada calidad en relación a lo que establece la Normativa Colombiana para la calidad ambiental de uso de aguas **(32)**.

Del mismo modo, en el 2009, se realizó un estudio sobre la calidad sanitaria del agua de la ciénaga Mata de Palma, ubicada en el departamento del Cesar, en Colombia, ya que la deforestación, el vertimiento de aguas residuales, la modificación de los regímenes hidráulicos y al uso de métodos inadecuados de explotación de peces, están agotan los recursos naturales y causan pobreza en la población. Concluyendo que los recuentos de los indicadores de contaminación fecal mostraron que el agua no es apta para el consumo humano ni para uso recreativo **(3)**.

Por otro lado, en el 2011, se realizó un estudio en la Bahía Málaga sobre la calidad del agua. El trabajo consistió en implementar un plan de monitoreo que contó con una red de diez estaciones distribuidas en Bahía Málaga y fue realizado por muestreos trimestrales entre el 2005 y 2006. En esos muestreos se evaluó la calidad de las aguas superficiales

mediante la medición de variables microbiológicas, nutrientes y tóxicos orgánicos. Los resultados muestran un buen estado de la calidad de sus aguas **(6)**.

A su vez, en el 2011, se realizó una evaluación de la calidad bacteriológica del agua del río El Yacuambi, que se encuentra en la provincia de Zamora Chinchipe, por ser este utilizado como balneario natural. Se concluyó que los índices de calidad de agua obtenidos indican que el río tiene una calidad aceptable para los diferentes usos del agua y que puede tener una diversidad de vida acuática **(5)**.

A sí mismo, en el 2011, se realizó un estudio sobre la calidad bacteriológica del agua de la ribera del Río Huallaga en donde se ubica el Botadero La Muyuna, de la ciudad de Tingo María, con el objetivo de determinar la presencia de microorganismos indicadores de contaminación. En los análisis realizados al agua del río Huallaga, se evidenció la presencia de microorganismos indicadores de contaminación tales como: bacterias coliformes termotolerantes, E. Coli, coliformes termotolerantes, Mesófilos, Streptococcus faecalis, Estafilococus, Fungi (mohos y levaduras). También se encontraron otros organismos no específicamente patógenos de los géneros Pseudomonas, Flavobacterium, Klebsiella y Serratia, bacterias que pueden ocasionar infecciones cutáneas, de las mucosas nasales, de los ojos, oídos, etc. Se concluyó que los análisis realizados al agua de la ribera del río Huallaga, determinaron la presencia de microorganismos provenientes del botadero La Muyuna indicando un nivel bajo de calidad ambiental. **(33)**.

De manera semejante, en el 2006, en el distrito de Pichari en la Convección, ciudad de Cuzco, se hizo un estudio sobre la calidad del agua con la finalidad de establecer los parámetros bacteriológicos del agua para consumo humano, durante el periodo de Marzo a Julio. Las muestras de agua fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología de la

Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga para su procesamiento utilizando terma a una temperatura de 4 – 6 °C; para el análisis bacteriológico se utilizó la técnica de filtro por membrana para identificar los indicadores de contaminación del agua. Se concluye que los análisis para aguas de consumo humano en diferentes puntos del distrito de Pichari, revela una contaminación que se encuentra fuera de los Límites Máximos Permisibles según Normas Nacionales y las guías de la Organización Mundial de la Salud (1995), Organización Panamericana de Salud(1997), para aguas de consumo humano **(8)**.

De igual modo, en el 2006, en un estudio realizado sobre la calidad bacteriológica de las aguas del río Vilcanota, debido a que es una fuente importante de agua tanto para la agricultura como para el consumo humano. Se concluyó que el análisis realizado en la zona de estudio se pudo determinar que la contaminación en las aguas del río Vilcanota en el área de Calca-Urubamba excede los Límites Máximos Permisibles, como es el caso de coliformes termotolerantes y totales de acuerdo a la Ley de aguas **(34)**.

Por todo esto, en el 2008, se realizó un estudio sobre la contaminación de las aguas cercanas a las ciudades de Iquitos, Tarapoto y Pucallpa. Concluyendo que estos cuerpos de agua sobrepasan los Límites superiores respecto a coliformes totales y termotolerantes convirtiéndolos en inadecuados para los diferentes usos del agua establecidos en la Ley General de agua. Los valores que se reportan son: río Amazonas para coliformes totales (7 8000 – 1 10000 NMP/100 ml) y para coliformes termotolerantes (48 000 – 98 000 NMP/100 ml), río Itaya para coliformes totales (2 100 – 110 000/ NMP/100ml) y para coliformes termotolerantes (2 000 – 9 5000/ NMP/100 ml), río Nanay para coliformes totales (1 1000/NMP/100 ml) y para coliformes termotolerantes (1 400 – 110 000/ NMP/100 ml), Lago Moronacocha para coliformes totales (4 000 – 110 000/NMP/100 ml) y para coliformes termotolerantes (2 100 – 110 000/NMP/100 ml **(35)**.

En la actualidad en la Amazonia Peruana no se han reportado estudios referentes a la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua imposibilitando la recopilación de estudios que hablen de una realidad Amazónica, sin embargo existen indicios de investigaciones realizadas en países como Perú, Chile, Colombia y España.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1.- Lugar y desarrollo de la investigación.

El presente estudio se llevó a cabo en el Lago Moronacocha, ubicado al oeste de la ciudad de Iquitos, con una superficie territorial de 616,088.4481 m² ; con una latitud de 3°44'50" S, 73°16'13" O y una altitud de 107 m.s.n.m, con una humedad relativa de 76.8%, en el distrito de Iquitos, provincia de Maynas, departamento de Loreto **(36)**.

(Ver anexo N°01)

LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Departamento	: Loreto.
Provincia	: Maynas.
Distrito	: Iquitos
Localidad	: Moronacocha
Región geográfica	: Selva baja.

3.2.-RECURSOS UTILIZADOS.

3.2.1.-Materiales.

3.2.1.1. Muestra.

- Agua del Lago Moronacocha.

3.2.1.2. **Materiales de laboratorio.**

a) **Equipos:**

- Baño María Marca Memmert.
- Incubadora. Marca Memmert
- Vortex. Marca Bionet
- Autoclave. Marca Gemmy
- GPS.
- Cámara fotográfica.

b) **Medios de cultivo:**

- Caldo Lauril sulfato. Merck
- Caldo brilla. Merck
- Caldo EC (caldo E. coli). Merck
- Caldo Peptonado.

c) **Materiales de vidrio:**

- Tubos de ensayo 10 x 15 mm.
- Campanas de Durham.
- Pipetas 1, 2, 5 y 10 ml.
- Probeta de 100ml.
- Mechero de alcohol.
- Frascos de vidrio colectores de boca ancha y tapa rosca (250 ml).

d) **Otros:**

- Termo de poroflex.
- Asas bacteriológicas en aro.
- Gradilla.
- Algodón.
- Encendedor.
- Alcohol 96°c
- Mandil.
- Guantes quirúrgicos.
- Mascarilla.
- Protector de cabeza.
- Bolsa de plástico.
- Papel higiénico.
- Bolsas de hielo.

e) **Materiales de escritorio:**

- Papel bond.
- Marcadores de vidrio.
- Etiquetas grandes y pequeñas.
- Lapicero.
- Fichas de registro de datos.

3.2.2.-Software

- Excel 2013.

3.3.-DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se ajustó a un diseño correlacional, determinado por análisis de calidad de agua con factores bacteriológicos como coliformes totales y termotolerantes, medidos en los puntos de muestreo siendo estos correlacionados con los Estándares Nacionales de Calidad del Agua. (37)(Ver anexo N°05)

3.4.-POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1.-Población.

Estuvo constituido por el Lago de Moronacocha. (Ver anexo N°01)

3.4.2.-Muestra.

Estuvo conformado por el agua del Lago de Moronacocha, en un número de 1 muestra mensual durante 4 meses (Setiembre, Diciembre, Enero, Febrero) en los 4 puntos determinados (100 metros del colector, entrada del Lago, parte media y salida del Lago), estos se seleccionaron siguiendo el curso natural del Lago. (Ver anexo N° 02).

3.5.-TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Procedimiento

La evaluación de la calidad de las aguas del Lago de Moronacocha, se llevó a cabo en 2 etapas:

3.5.1.-**Etapas de campo.**

En esta etapa de la investigación, se recolectó las muestras de agua en recipientes de vidrio estéril con tapa rosca de 250 ml de capacidad, un volumen de 150 ml de los puntos de muestreo seleccionados. Se transportó en condiciones de refrigeración para su posterior análisis bacteriológico en el laboratorio de la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Química - UNAP. **(Ver anexo N° 06)**

Instrumento de recolección de datos en campo:

Los instrumentos para la recolección de datos en campo que se utilizaron fueron los siguientes:

- a) Fichas de registro de datos: Se utilizó para registrar información obtenida sobre las características geomorfológicas de la zona muestreada y de la calidad del agua del Lago. **(Ver anexo N°03)**
- b) Los equipos que se utilizaron para obtener directamente el registro de datos fueron: GPS y cámara fotográfica.
- c) Los frascos de vidrio: Se utilizó 4 frascos de vidrio esterilizados de una capacidad de 250 ml, se tomó muestras de 150 ml de los 4 puntos seleccionados.

3.5.2.-**Etapas de Laboratorio.**

En esta etapa de la investigación, se procedió a efectuar el análisis bacteriológico de las muestras de agua a través del método de tubos múltiples de fermentación (serie de 5 tubos), el cual consistió en determinar la densidad del grupo coliformes expresadas en términos del “Numero Más Probable” (NMP) **(Ver anexo N°09)**. Para lo cual se efectuó en 2 fases: Presuntiva y Confirmativa **(38)**.

Fase Presuntiva.

Se inoculó muestras de agua en volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml respectivamente, con campanas de Durham invertidos en su interior en serie de 5 tubos de fermentación que contenían 10 ml del medio de cultivo caldo Lauril sulfato, luego se procedió a la incubación a 37°C durante 24 a 48 horas; al cabo de este tiempo se examinó los tubos de las series, constituyendo la presencia de gas como positivo. Por consiguiente, se procedió a efectuar la fase confirmativa. **(Ver anexo N°07)**

Fase Confirmativa.

En esta fase del análisis solo se trabajó con los tubos positivos de la fase presuntiva. El cual, nos permitió determinar la presencia de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes. **(Ver anexo N°07)**

a) Confirmación de Coliformes Totales.

Para la confirmación de coliformes totales, se inoculó una azada de los tubos positivos en series de 5 tubos de fermentación que contenían en su interior campanas de Durham invertidas y 10 ml de caldo bilis verde brillante o caldo brilla, luego se les incubó a 37°C durante 24 a 48 horas, al cabo de este tiempo se anotó el número de tubos de las series que presento formación de gas en este medio y se calculó el número de coliformes totales en 100ml. A partir de esos resultados se verificó en la tabla del NMP **(Ver anexo N°08 y N° 09)** y se comprobó si se encuentra dentro del límite máximo permisible que establece el ECA´s - MINAM. **(Ver Anexo N°05).**

b) Confirmación de Coliformes Termotolerantes.

Para la confirmación de coliformes termotolerantes, se inoculó una azada de los tubos positivos en series de 5 tubos de fermentación que contienen tubos Durham en su

interior y 10 ml de caldo Escherichia coli, luego se les incubó a 44.5°C durante 24 a 48 horas en baño maría; al cabo de este tiempo se examinó los tubos de las series, constituyendo la presencia de gas como positivo. Posteriormente, a partir de los tubos que resultarán positivos, se procedieron a determinar el número de coliformes termotolerantes por 100 ml; con la ayuda de la tabla del NMP. **(Ver Anexo N°08 y N°09).**

Todos los resultados se compararon con la Norma de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua ECA´s-MINAM. **(Ver Anexo N° 05).**

3.6.-**ANÁLISIS DE DATOS.**

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística inferencial, mediante los siguientes análisis estadísticos: Análisis univariado: La frecuencia, este análisis permitió relacionar la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el Lago Moronacocha en épocas de vaciante y creciente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS.

5.1. Análisis bacteriológico de coliformes totales y termotolerantes en el agua del Lago

Moronacocha en la época de Vaciante, 2015.

En la figura N°01, se puede observar el análisis bacteriológico realizado en el agua del Lago Moronacocha en la época hídrica de Vaciante, reportando en el punto de muestreo "100 m de colector" un valor de 160 000NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y también para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 160 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Entrada del Lago" se reportó un valor de 4 000 NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 7 000 NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 11 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Parte media" se reportó un valor de 3 900NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 28 500NMP/100 ml para el caso de Coliformes fecales haciendo un total de 67 500NMP/100 ml para Coliformes Totales y en el punto de muestreo "Salida del Lago" se reportó un valor de 13 550NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y para el caso de Coliformes Fecales un valor de 12 450NMP/100 ml haciendo un total de 26 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, las cuales fueron comparadas con los valores de referencia establecidos en el ECA's para agua, quienes sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en la norma legal para agua, D.S. N° 002-2008-MINAM, categoría 4, conservación del ambiente acuático, que establece para Coliformes termotolerantes (CF MINAM): 1 000NMP/100 ml y para Coliformes totales (CT MINAM) : 2 000NMP/100 ml.

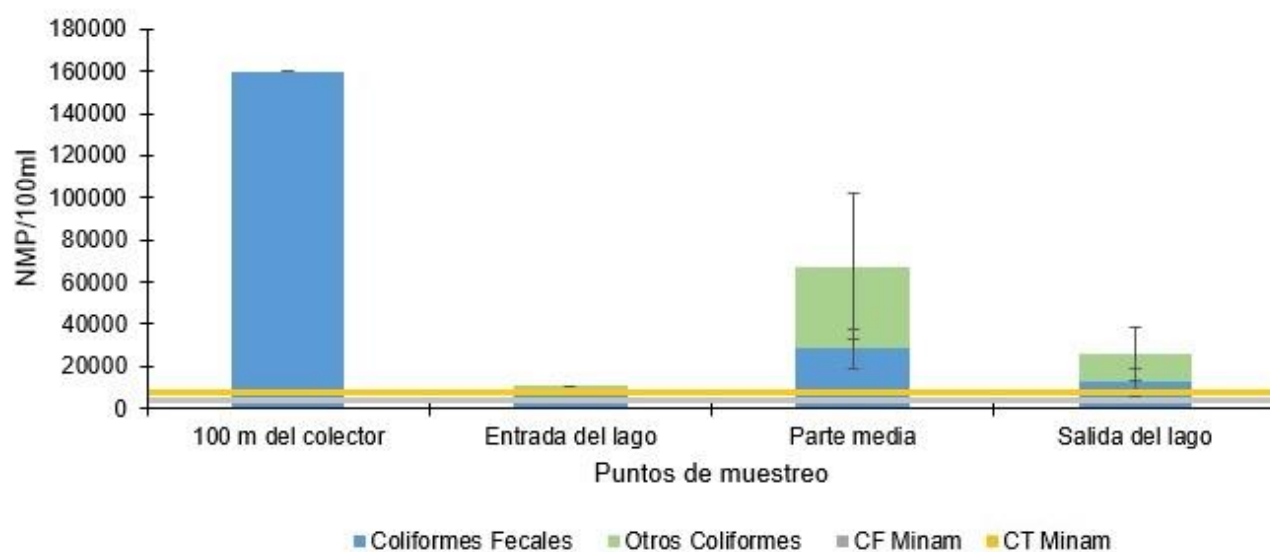


FIGURA N° 01: Valores obtenidos en el análisis del agua del Lago Moronacocha con los valores de referencia establecidos según el ECA – MINAM (Uso conservación del ambiente acuático) en época de vaciante, 2015.

FUENTE: Datos recopilados por el Tesista.

Nota: Valores de referencia según Eca 's MINAM- 2008.

5.2. Análisis bacteriológico de coliformes totales y termotolerantes en el agua del Lago

Moronacocha en la época de Creciente, 2016.

En la figura N°02, se puede observar el análisis bacteriológico realizado en el agua del Lago Moronacocha en la época hídrica de Creciente, reportando en el punto de muestreo "100 m de colector" un valor de 80 000NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y también para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 80 000NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Entrada del Lago" se reportó un valor de 3 500NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 4 650NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 8 150NMP/100 ml para Coliformes Totales, en el punto de muestreo "Parte media" se reportó un valor de 13 850NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y 13 650NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales haciendo un total de 27 500NMP/100 ml para el caso de Coliformes Totales y en el punto de muestreo "Salida del Lago" se reportó un valor de 2 750NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes y para el caso de Coliformes Fecales un valor de 6 550NMP/100 ml haciendo un total de 9 300NMP/100 ml para Coliformes Totales, las cuales fueron comparadas con los valores de referencia establecidos en el ECA's para agua, quienes sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en la norma legal para agua, D.S. N° 002-2008-MINAM, categoría 4, conservación del ambiente acuático, que establece para Coliformes termotolerantes (CF MINAM): 1 000NMP/100 ml y para Coliformes totales (CT MINAM) : 2 000NMP/100 ml.

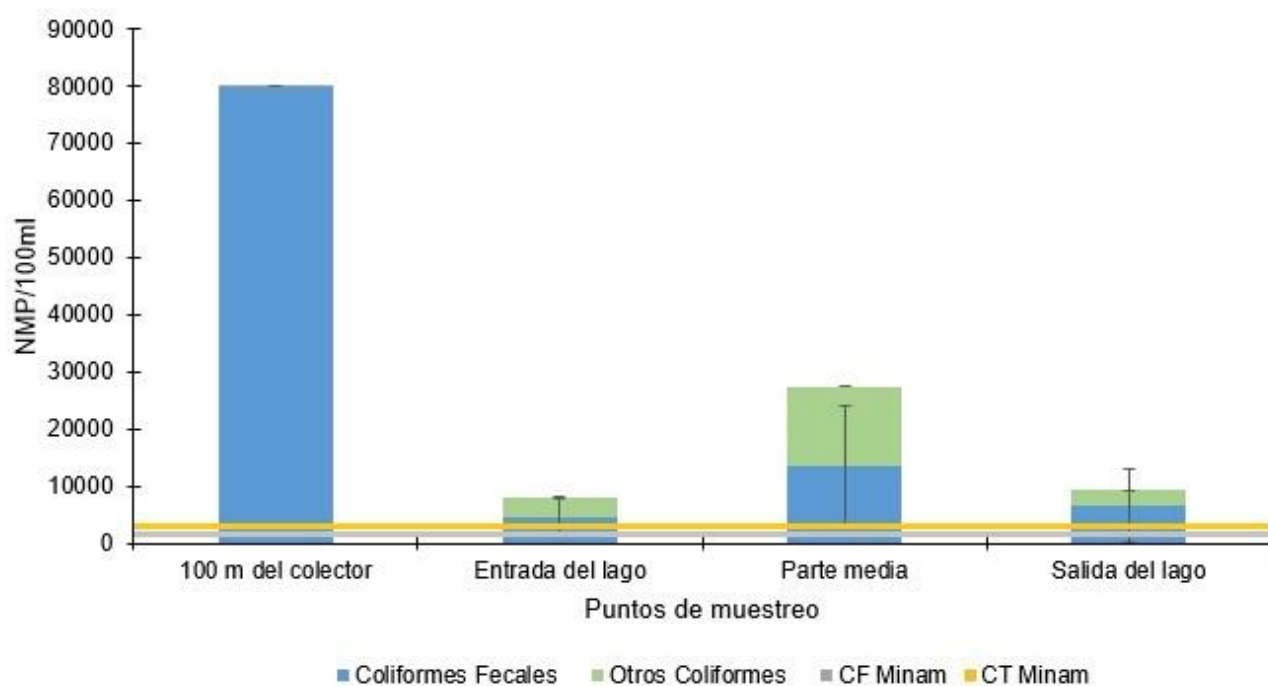


FIGURA N° 02: Valores obtenidos en el análisis del agua del Lago Moronacocha con los valores de referencia establecidos según el ECA – MINAM (uso conservación del ambiente acuático) en época de creciente, 2016.

FUENTE: Datos recopilados por el Tesista.

Nota: Valores de referencia según Eca's MINAM- 2008.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN.

El crecimiento de la población a nivel mundial y el aumento del uso del agua para diferentes actividades, ha incrementado los niveles de contaminación. Esta contaminación está relacionada con los vertidos de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua. En el caso de los residuos de origen doméstico, la carga contaminante está representada por altos índices de microorganismos de origen fecal. Estos microorganismos son causantes de enfermedades de origen hídrico, que generan altos porcentajes de morbi-mortalidad en la población (4). El Lago de Moronacocha, no está ajeno a esta problemática, debido a que sus aguas reciben las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Iquitos; también contribuyen al incremento de la contaminación de microorganismos de origen fecal, la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de muchos enteropatógenos y la deposición a campo abierto (39). La contaminación por aguas residuales de origen doméstico en el Lago Moronacocha se hace evidente en la figura N°01, resultados obtenidos en época de vaciante y en la figura N°02, resultados obtenidos en época de creciente, en donde se puede apreciar la contaminación excesiva por coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CF) tanto es así que en la época de vaciante en la que el Lago queda incomunicado o apenas queda unido por algún caño de su principal río tributario, el Río Nanay (40), el rango de los valores van desde los 12 450 NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales y 13 550NMP/100 ml para el caso de Otros coliformes haciendo esto un total de 26 000NMP/100 ml para coliformes totales, hasta un total de 160 000NMP/100 ml para coliformes totales. De igual modo, en la época de creciente en la que el Lago recibe gran aporte de lluvias y de aguas de los ríos desbordados (40), el rango de los valores van desde los 13 650 NMP/100 ml para el caso de Coliformes Fecales y 13 850 NMP/100 ml para el caso de Otros Coliformes haciendo un total de 27 500NMP/100 ml para coliformes totales, hasta

un total de 80 000NMP/100 ml para coliformes totales, lo que indica que las aguas del Lago Moronacocha presentan valores por encima de los límites máximos permisibles, de igual modo en el año 2008 se reportó valores en rangos de 4 000/NMP100 ml hasta 11 000/NMP100 ml Coliformes totales y de 2 100/NMP100 ml hasta 110 000/NMP100 ml Coliformes termotolerantes **(35)**.

Aparentemente, esta problemática se mantiene en el año 2016, periodo en el cual se desarrolló el presente estudio, ya que la contaminación por aguas residuales domésticas sigue en aumento debido al vertido indiscriminado de estas, sin ningún control técnico por las autoridades responsables del MINAM.

Durante la ejecución de este estudio, realizado en la época de vaciante (setiembre, diciembre) 2015 y creciente (enero y febrero) 2016, se recolectó un total de 16 muestras de agua del Lago Moronacocha, de 4 puntos de muestreo seleccionados (100 metros del Colector, entrada del Lago Moronacocha, parte media y salida del Lago Moronacocha), obteniéndose que en la época de vaciante, el punto de muestreo con mayor contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes fue a “100 metros del colector” con un valor de 160 000NMP/100 ml para coliformes totales, del mismo modo en la época de creciente, el punto de muestreo con mayor contaminación por coliformes totales y coliformes termotolerantes fue a “100 metros del colector” con un valor de 80 000NMP/100 ml y esto se puede apreciar en la figura **N°01** y **N°02**, los altos niveles obtenidos en ambas épocas hídricas se debe a que el punto seleccionado está cerca al desagüe o colector, las cuales transportan las descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Iquitos sin un tratamiento previo **(4)**.

En tanto, en un estudio realizado en el Río Amazonas, se reportaron en coliformes totales 7 800 - 110 000NMP/100 ml y para coliformes termotolerantes 48 000 - 980 00NMP/100 ml **(35)** sobrepasando los límites establecidos en los ECA's, sumado a esto, en la figura **N°01** se refleja que la contaminación por aguas residuales en época de Vaciante, en donde la cocha se

vacía completamente y en donde solo queda el caño de aguas residuales que van a descargar ahí **(41)**, se aprecia que la contaminación por bacterias coliformes es mucho mayor cuando los meses de vaciante está en su apogeo, presentando valores de hasta 160 000NMP/100 ml para coliformes totales. En tanto, en la época de Creciente, en donde las lluvias se incrementan y por consiguiente el agua proveniente de los ríos inunda el Lago haciendo que las aguas residuales se disipen, se aprecia que la contaminación por bacterias coliformes tenga un leve descenso llegando hasta los 80 000NMP/100 ml. Sin embargo estos valores siguen siendo elevados en referencia a los estándares de calidad para agua, siendo la población más vulnerable los niños y ancianos que entren en contacto con esta **(42)**.

Similar situación se registró en un trabajo realizado en Colombia en la Bahía Santa Marta, en donde se detectó rangos entre 12 7400 y 58 000NMP/100 ml. de coliformes **(30)**. En tanto, en un estudio realizado en Chile, las 157 muestras tuvieron contaminación por coliformes, mientras que en Perú, el río Itaya tuvo rangos de 2 100 - 110 000NMP/100 ml de coliformes totales y 2 000 - 95 000NMP/100 ml para coliformes termotolerantes **(35)**.

En dichos trabajos, al igual que en muchos sectores de la ciudad de Iquitos, se resalta la contaminación por bacterias coliformes provenientes de las aguas residuales de origen doméstico. Esta similitud de resultados se atribuye a que las aguas residuales de origen doméstico e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o son pobremente tratados **(4)**; por esta razón, tanto las familias de las zonas urbanas y más aún las rurales, se ven expuestas fácilmente a ser infectadas por un gran número de microorganismos patógenos intestinales, principalmente las denominadas bacterias enteropatógenas. Además, a esto también se le suman los problemas que causan al ambiente acuático lo cual constituyen una fuente constante de deterioro al medio ambiente **(3)**.

De igual manera esta situación se observa en el Lago Moronacocha debido a que el sistema de alcantarillado de la ciudad de Iquitos evacúa tanto aguas residuales domésticas como aguas residuales pluviales, las que finalmente se disponen directamente sin que medie ningún tipo de

tratamiento, agregado a esto el problema del uso de letrinas en donde los pobladores en tiempo de Vaciante y Creciente, disponen de forma directa sus excretas sobre los ríos, generándose focos infecciosos, malos olores, presencia de roedores, cambios de colores en el agua y vectores transmisores de enfermedades (42), lo cual podemos corroborar en la figura N°01 y a figura N°02, en donde se enfatiza la contaminación por aguas residuales siendo así que se define a la época de Vaciante como la época con mayor contaminación por coliformes totales con un valor máximo de 160 000NMP/100 ml y un valor mínimo de 11 000NMP/100 ml; por otro lado, en época de Creciente, el valor máximo obtenido para coliformes totales fue de 80 000NMP/100 ml y un valor mínimo de 8 150 NMP/100 ml, indicando que estos valores también sobrepasan los límites establecidos en el ECA's para aguas, que en su categoría 4 para conservación de ambientes acuáticos establece que para coliformes totales es de 2000 NMP/100 ml y para coliformes termotolerantes es de 1000 NMP/100 ml [37]. Lo que significa que las aguas del Lago Moronacocha no están permitidas para que la población entre en contacto directo o indirecto (43).

Por consiguiente, después de analizar los diferentes indicadores bacteriológicos y realizar la determinación cuantitativa de la calidad ambiental del agua, se encontró que dentro de los valores normales, estos exceden los niveles saludables de los ambientes acuáticos, lo que indica que las actividades antropogénicas están impactando de forma negativa.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES.

1. Se determinó que en el Lago Moronacocha la presencia de bacterias indicadoras de contaminación están por encima de los Estándares de calidad para aguas de conservación de ambientes acuáticos, lo cual hace que disminuya la calidad de la misma.
- 2.-Se precisa una mayor concentración de bacterias indicadoras de contaminación en la época hidrológica de vaciante.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES.

- Es necesario que se realicen monitoreos semestrales o anuales para la verificación de la calidad microbiológica en los lagos y ríos que sirven de abastecimiento de agua y tengan contacto directo con la población; además, se debe tomar en cuenta realizar las respectivas tomas de muestras en el Lago Moronacocha desde la entrada al río Nanay hasta el punto Salida al río Nanay, para conocer el estado actual del agua y, sobre todo, para asegurar la calidad de este líquido vital.
- Formar un protocolo para dar capacitaciones a la población, el cual deberá proveer información de la descripción del problema, junto con las causas y efectos del mismo, indicando riesgos y síntomas que afecten a la salud de los habitantes y manifestando las medidas de solución y tiempo en el que se estima resolver el problema.
- Seguir realizando evaluaciones de contaminación bacteriológica, a nivel de vaciantes, no solamente en lagos sino también en ríos y quebradas.
- Revisar la legislación existente para el control microbiológico del agua, ya que el uso de indicadores tradicionales como bacterias del grupo coliforme no garantiza la ausencia de virus y parásitos.
- Desarrollar campañas de sensibilización a la población para incrementar el uso de agua hervida o de sustancias bactericidas (plata coloidal, nitrato de plata, cloración, etc.).

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Rodríguez Y.; Handal A.; Carcaño M.; Silva S.; Linares G.; Mangas E. Evaluación física, química y biológica del agua del río Atoyac en la microcuenca de la reserva estatal sierra de Tentzo, México. 2013.
2. Apella M. y Araujo P. Microbiología de las aguas, México; 2008.
3. Ávila de Navia, Sara y Estupiñán Torres, Sandra. Calidad sanitaria del agua de la ciénaga Mata de Palma en el departamento del Cesar. Colombia. 2009.
4. Andina J.; Muriel L.; Rojas M. Bacterias indicadoras de contaminación en la evaluación de la calidad de las aguas. México. 2013.
5. Villa Achupallas, Alexandra Cádiz. Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento control de la contaminación. España. 2011.
6. Betancourt Portela, Julián; Sánchez Díaz Granados, José; Mejía Ladino, Luz; Cantera kintz, Jaime. Calidad de las aguas superficiales de Bahía Málaga, pacífico colombiano. Colombia. 2011.
7. Arcos Pulido, Mireya; Ávila de Navia, Sara; Estupiñán Torres, Sandra; Gómez Prieto, Aura. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Colombia. 2005.
8. Cruz Valdivia, Wilder. Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y

niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de Marzo a Julio del 2006, Cuzco, Perú. 2006.

9. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: revisión de la literatura. La Habana, cuba, 2013.
10. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: revisión de la literatura. La Habana, cuba, 2013.
11. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: revisión de la literatura. La Habana, cuba, 2013.
12. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: revisión de la literatura. La Habana, cuba, 2013.
13. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: revisión de la literatura. La Habana, cuba, 2013.

- 14.Digesa. Estándares de calidad ambiental de Agua. Lima, Perú, 2002.
- 15.Parámetros Microbiológicos. [Internet]. Enero [Citado el 05 de Enero del 2017] Disponible en: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>
- 16.Digesa. Estándares de calidad ambiental de Agua. Lima, Perú, 2002.
- 17.Roldan Pérez, Gabriel; Ramírez Restrepo, Jhon Jairo. Fundamentos de Limnología neotropical, tubos multiples de fermentación. Segunda Edición. Antofagasta, Chile. 2008.
- 18.DECRETO SUPREMO Nro. 002-2008 MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Lima, Perú. 2008.
- 19.Torres, Christian. Contaminación por aguas residuales. España, 2014.
20. Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: Coliformes Termotolerantes. La Habana, Cuba, 2013.
- 21.Larrea Murrell, Jeny Adina; Rojas Badía, Marcia María; Romeu Álvarez, Beatriz; Rojas Hernández, Nidia; Heydrich Pérez, Mercedes Mayra. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de calidad de las aguas: Coliformes Totales. La Habana, Cuba, 2013.
- 22.Límite máximo permisible. [Internet]. Marzo [Citado el 26 de Marzo del 2015] Disponible en: <http://www.saludyriesgos.com/-/nivel+maximo+permisible>
- 23.Ley 29338, Ley general de Recursos Hídricos. Lima, Perú, 2009.

- 24.Fermentación. [Internet]. Marzo [Citado el 26 de marzo del 2015] Disponible en:
<https://www.ecured.cu/Fermentaci%C3%B3n>
- 25.Indicador de contaminación. [Internet]. Marzo [Citado el 26 de marzo del 2015] Disponible en: http://www.elcastellano.org/glosario_ambiental.pdf
- 26.Roldan Pérez, Gabriel; Ramírez Restrepo, Jhon Jairo. Fundamentos de Limnología neotropical, tubos múltiples de fermentación. Segunda Edición. Antofagasta, Chile. 2008.
- 27.Ministerio de Salud. Guía técnica sobre criterios y procedimientos para el examen microbiológico de superficies en relación con alimentos y bebidas. Lima, Perú. 2002.
- 28.Bastidas Contreras, Luz María Paulina. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia. Chile. 2009.
- 29.Larrea J.; Heydrich M.; Rojas M.; Romeu B.; Rojas N. y Lugo D. Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del complejo turístico “Las terrazas” Pinar del río. Cuba. 2009.
- 30.Moscarella, María; De García, F.; Palacio, C. Calidad Microbiológica del agua de la bahía de Santa Marta. [Internet]. [Citado 20 mayo 2015] Disponible en:
<http://dyna.unalmed.edu.co/ediciones/167/articulos/a15v78n167/a15v78n167.pdf>
- 31.Ascanio, Karliani. Calidad bacteriológica del agua potable de camiones cisterna-ciudad Guayana, estado de Bolívar. Junio-julio 2010. Venezuela. 2010.

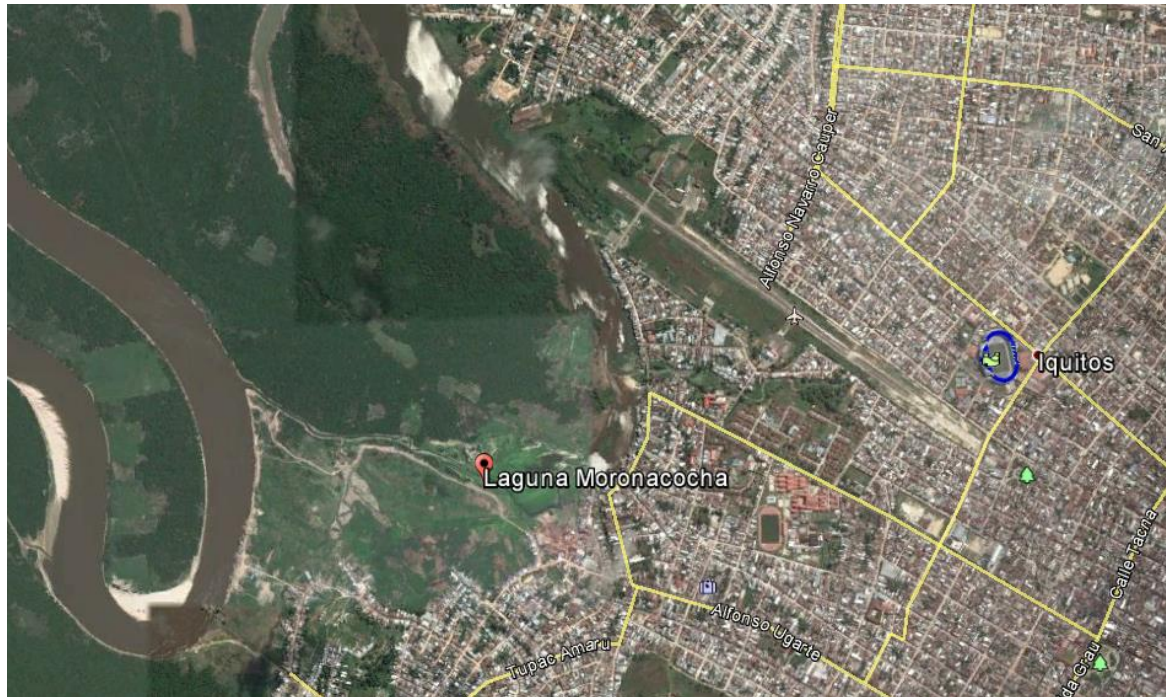
32. Santa Coloma, Luz Elena; Montes P, Carmen; Rondón, Jorge. Determinación de la calidad hídrica en sistemas de producción porcina con cero vertimientos, en reserva forestal de los Cerros Orientales de Bogotá, Colombia. 2010.
33. Vargas Solorzano, Kelly. Indicadores microbiológicos de calidad ambiental del botadero la Muyuna. Tingo María, Perú. 2011.
34. Taipe Bolaños, Miguel; Cabrera Carranza, Carlos. Identificación y evaluación de las principales fuentes de contaminación del río Vilcanota en el sector Calca Urubamba. Perú. 2006.
35. Pezo Díaz, Roberto. Principales Contaminantes de los cuerpos de agua adyacentes a las ciudades de Iquitos, Pucallpa y Tarapoto. Proyecto de Monitoreo de Evaluación de la Contaminación de los Ríos. Editor IIAP. Iquitos, Perú. 2008.
36. Lago Moronacocha. [Internet]. Setiembre [Citado el 26 de setiembre 2016] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Lago_Moronacocha
37. DECRETO SUPREMO Nro. 002-2008 MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Lima, Perú. 2008.
38. Roldan Pérez, Gabriel; Ramírez Restrepo, Jhon Jairo. Fundamentos de Limnología neotropical. Segunda Edición. Antofagasta, Chile. 2008.
39. Navarro del Águila J.; Evaluación de la calidad bacteriológica en aguas de pozo en la comunidad de Manacamiri de la región Loreto. Iquitos, Perú. 2014.

40. Villarejo, Avencio. Así es la selva. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonía. Editor CETA. Perú. 2005.
41. Gómez García M. R.; Contaminación Urbana de los cuerpos de Agua en la Amazonía Peruana. Editor IIAP. Loreto. Iquitos, Perú. 1998.
42. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. Ficha del proyecto: Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable e instalación del sistema de alcantarillado para la zona baja de Belén: A.H. “Zona Baja de Belén”, A.H. “30 de agosto”, centro poblado Pueblo Libre, III etapa del pueblo joven Belén, A.H. Sachachorro y A.H. “6 de octubre”, distrito de Belén – Maynas, Loreto. Lima, Perú. 2013.
43. García Huamán, Flor Teresa; Delgado, Jorge Torres y Vergara Medrano, Segundo Edilberto. Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación parámetros físicoquímicos y biológicos. Amazonas, Perú. 2011.

ANEXOS

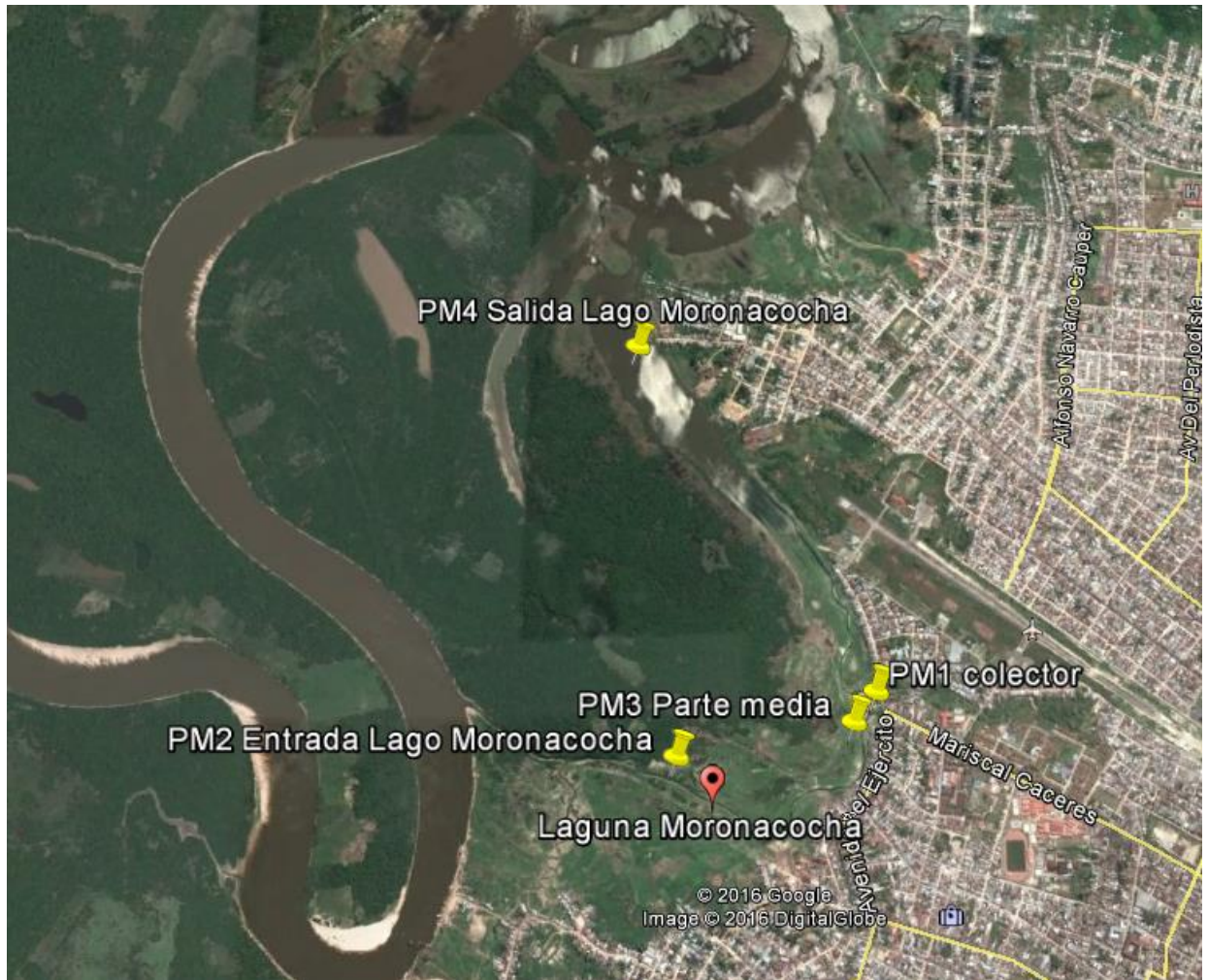
ANEXO N° 01.

UBICACIÓN DEL LAGO MORONACOA EN LA CIUDAD DE IQUITOS.



Fuente: Google maps.

b) Época de Creciente.



PTO.1: 18M-692571.00, UTM-9585863.00

PTO.2 : 18M-691811.00, UTM-9585620.00

PTO.3: 18M-692485.00,UTM-9585748.00

PTO.4: 18M-69163.00,UTM-9587246.00

ANEXO N° 03.

**FICHAS DE REGISTRO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS Y
DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO DE MORONACOCHA.**

a) Época de vaciante.

N°	Coordenadas	Características del agua de la quebrada a analizar.		USO	Calidad del agua.		
		Época de muestreo.	Aspecto Físico.		Colif. Totales	Colif. Termo tolerantes	Apto / no apto
1	18M-692571.00, UTM-9585863.00	Época de vaciante.	-Materia fecal. -Mal olor. -Con color amarillento. - Residuos orgánicos.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
2	18M-691811.00, UTM-9585620.00	Época de vaciante.	-Presencia de materia orgánica. -Evidencia de gasolina -con olor. -Presencia de aves.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
3	18M- 690384.00,UTM- 9586510.00	Época de vaciante.	-Mal olor. -Color normal. -No materia orgánica.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
4	18M- 69163.00,UTM- 9587246.00	Época de vaciante.	-Mal olor. -No materia orgánica -No residuos sólidos. -Actividades maderables.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto

Fuente: *De la elaboración del Tesista.*

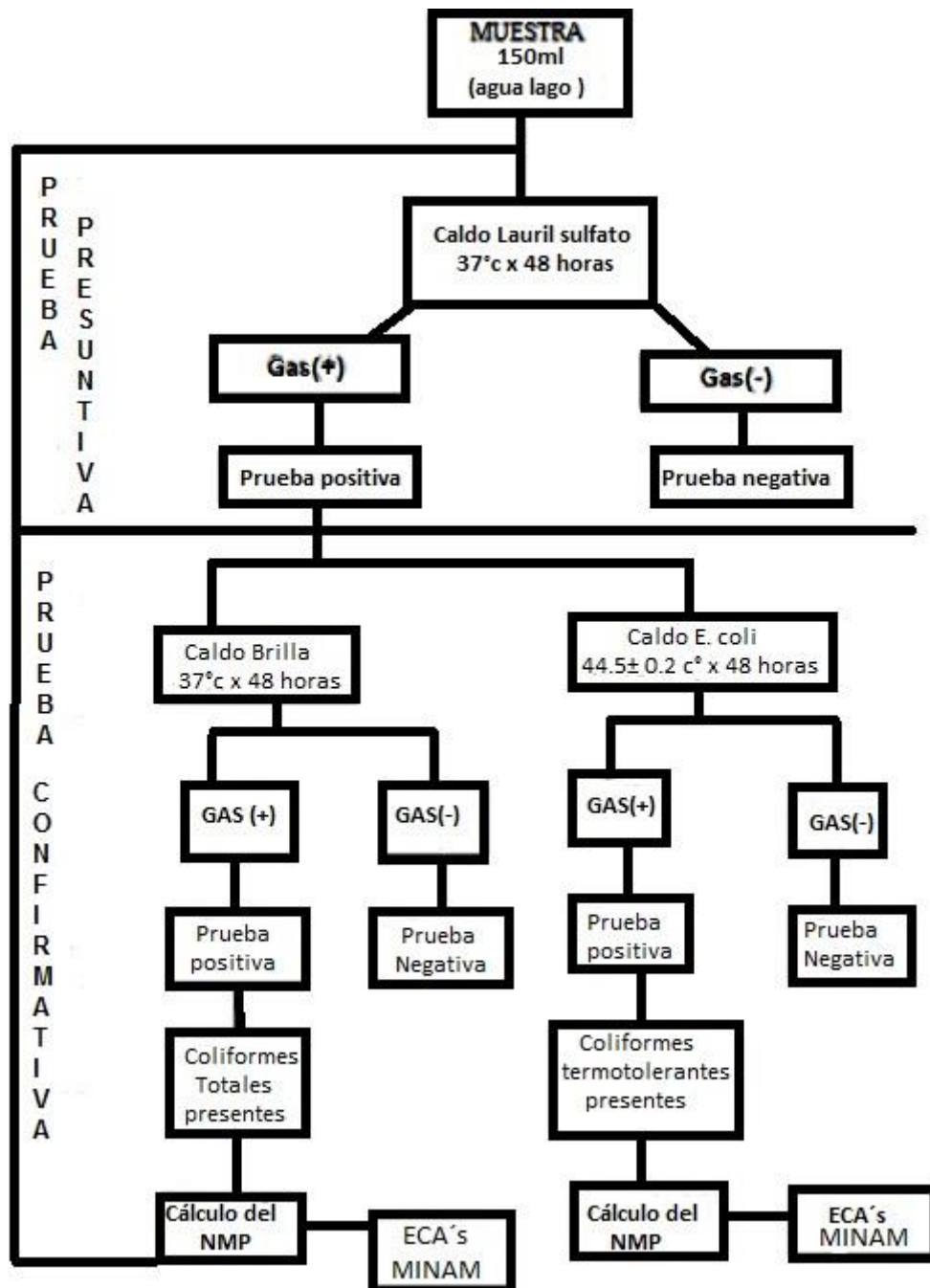
b) Época de creciente.

N°	Coordenadas	Características del agua de la quebrada a analizar.		USO	Calidad del agua.		
		Época de muestreo.	Aspecto Físico.		Colif. Totales	Colif. Termo tolerantes	Apto / no apto
1	18M-692571.00, UTM-9585863.00	Época de creciente.	-Materia fecal. - Color parcialmente amarillento. -Residuos sólidos.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
2	18M-691811.00, UTM-9585620.00	Época de creciente.	-Materia orgánica. -Gasolina en el agua. -Fuerte olor. -Actividades humanas.	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
3	18M-692485.00,UTM-9585748.00	Época de creciente.	-Color marrón. -No materia orgánica. -Actividades humanas	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto
4	18M-69163.00,UTM-9587246.00	Época de creciente.	- Sin olor. -Sin materia orgánica. -no residuos sólidos. -Actividades maderables	Conservación del medio acuático.	Presencia	Presencia	No apto

Fuente: De la elaboración del Tesista.

ANEXO N° 04.

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES POR LA TÉCNICA DE TUBOS MÚLTIPLES DE FERMENTACIÓN, SERIE DE 5 (NMP).



ANEXO N°05.

VALORES DE REFERENCIA SEGÚN USO DE CONSERVACIÓN DE

AMBIENTES ACUÁTICOS.

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA.

CATEGORIA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUATICO						
PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	ríos		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	530
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Decreto Supremo N°002-2008- MINAM.

ANEXO N°06.

ETAPA DE CAMPO, LAGO MORONACOCOA Y PUNTOS DE MUESTREOS SELECCIONADOS.

A).-Punto de muestreo "100 metros del Colector" en época de vaciante.



B).-Punto de muestreo "Entrada del Lago" en época de vaciante.



C).-Punto de muestreo "Salida del Lago" en época de vaciante.



D).-Punto de muestreo "Parte media del Lago" en época de vaciante.



E).-Tesisista codificando las muestras recolectadas.



F).-Lago Moronacocha en época de vaciante.



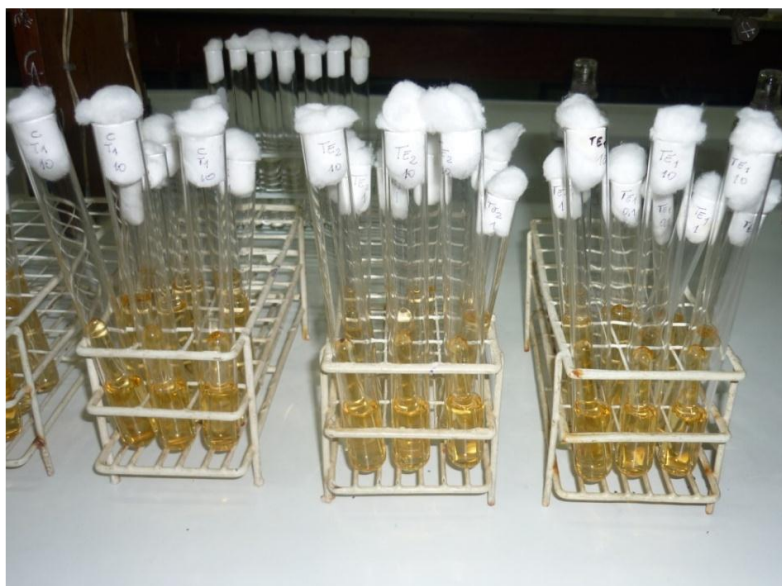
ANEXO N°07.

ETAPA DE LABORATORIO.

A).-Muestras recolectadas de los puntos de muestreo del Lago Moronacocha.



B).-Diversos tubos con caldo Lauril y los tubos invertidos de durham en su interior.



C).-Inoculando las muestras de agua en concentración 10 ml, 1 ml y 0.1 ml en caldo Lauril.



D).-Incubando las muestras por 48 horas a temperatura 35°C - 37°C



E).-**Fase Presuntiva:** A la izquierda un tubo negativo y a la derecha un tubo positivo (presencia de gas).



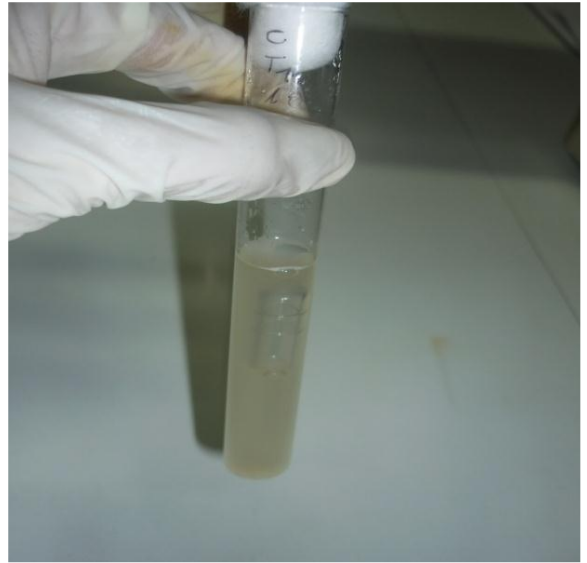
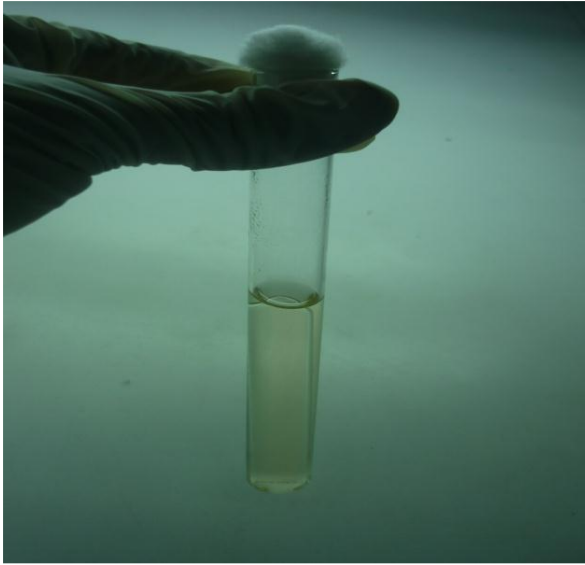
F).- Caldo E. coli (coliformes termotolerantes) y caldo brilla (coliformes totales).



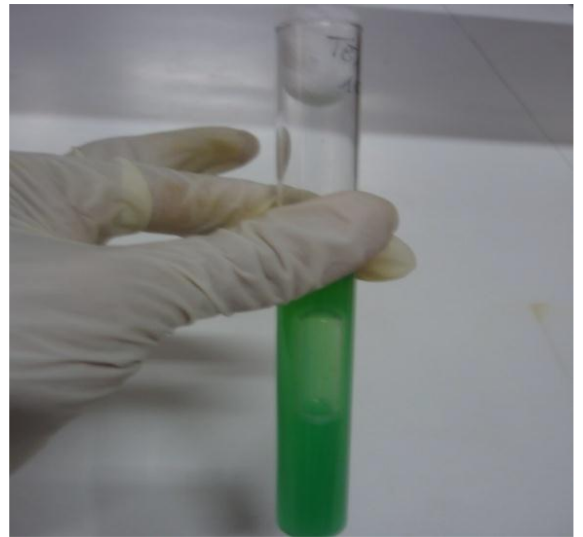
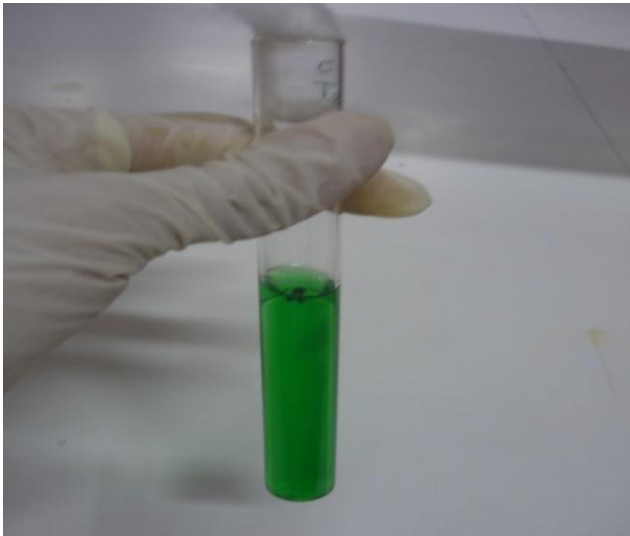
G).-Fase **Confirmativa**: Inoculación de las muestras positivas en caldo brilla (coliformes totales) y caldo E. coli (coliformes termotolerantes).



H).-Tubo con caldo E.coli negativo (izquierda) y positivo (derecha).



I).-Tubo con caldo brilla negativo (izquierda) y positivo (derecha)



ANEXO N° 08.

**NÚMEROS COMBINATORIOS OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS Y RESULTADOS COMPROBADOS SEGÚN LA TABLA DEL
NMP/100 ml DEL LAGO MORONACOA – 2016.**

N° Muestreo	Época de muestreo	Origen (toma de muestra)	Valores de la Tabla NMP /100ml			
			Coliformes Totales	NMP/100 ml	Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml
01	Vaciente	100 metros del colector	5-5-4	160 000	5-5-4	160 000
		Entrada del Lago	5-3-1	11 000	5-2-1	7 000
		Parte media	5-5-3	92 000	5-4-2	22 000
		Salida del Lago	5-4-4	35 000	5-4-1	17 000
02	Vaciente	100 metros del colector	5-5-4	16 000	5-5-4	16 000
		Entrada del Lago	5-3-1	11 000	5-2-1	7 000
		Parte media	5-4-5	43 000	5-4-4	35 000
		Salida del Lago	5-3-3	17 000	5-3-0	7 900

03	Creciente	100 metros del colector	5-5-4	80 000	5-5-4	80 000
		Entrada del Lago	5-2-3	12 000	5-2-1	7 000
		Parte media	5-4-5	43 000	5-3-4	21 000
		Salida del Lago	5-3-2	14 000	5-3-1	11 000
04	Creciente	100 metros del colector	5-5-4	80 000	5-5-4	80 000
		Entrada del Lago	5-0-2	4 300	5-0-0	2 300
		Parte media	5-2-3	12 000	5-1-2	6 300
		Salida del Lago	5-1-1	4 600	4-1-1	2 100

FUENTE: *Datos recopilados por el Tesista.*

ANEXO N°09

Tabla de valores de números combinatorios en serie de 5 tubos en concentraciones de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml.

Combinación de tubos positivos			NMP/ 100mL	Límites de 95% de confianza		Combinación de tubos positivos			NMP/ 100mL	Límites de 95% de confianza	
				Inferior	Superior					Inferior	Superior
0	0	0	< 1.8	-	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	0	1	1.8	0.090	6.8	4	1	0	17	6.0	40
0	1	0	1.8	0.090	6.9	4	1	1	21	6.8	42
0	1	1	3.6	0.70	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	0	3.7	0.70	10	4	1	3	31	10	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	1	26	9.8	70
1	0	0	2.0	0.10	10	4	2	2	32	10	70
1	0	1	4.0	0.70	10	4	2	3	38	14	100
1	0	2	6.0	1.8	15	4	3	0	27	9.9	70
1	1	0	4.0	0.71	12	4	3	1	33	10	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	2	39	14	100
1	1	2	8.1	3.4	22	4	4	0	34	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	1	40	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	0	8.3	3.4	22	4	5	0	41	14	100
1	3	1	10	3.5	22	4	5	1	48	15	120
1	4	0	10	3.5	22	5	0	0	23	6.8	70
2	0	0	4.5	0.79	15	5	0	1	31	10	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	2	43	14	100
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	3	58	22	150
2	1	0	6.8	1.8	17	5	1	0	33	10	100
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	1	46	14	120
2	1	2	12	4.1	26	5	1	2	63	22	150
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	3	84	34	220
2	2	1	12	4.1	26	5	2	0	49	15	150
2	2	2	14	5.9	36	5	2	1	70	22	170
2	3	0	12	4.1	26	5	2	2	94	34	230
2	3	1	14	5.9	36	5	2	3	120	36	250
2	4	0	15	5.9	36	5	2	4	150	58	400
3	0	0	7.8	2.1	22	5	3	0	79	22	220
3	0	1	11	3.5	23	5	3	1	110	34	250
3	0	2	13	5.6	35	5	3	2	140	52	400
3	1	0	11	3.5	26	5	3	3	170	70	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	4	210	70	400
3	1	2	17	6.0	36	5	4	0	130	36	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	1	170	58	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	2	2	20	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	0	17	6.8	40	5	4	4	350	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	5	430	150	1100
3	3	2	24	9.8	70	5	5	0	240	70	710
3	4	0	21	6.8	40	5	5	1	350	100	1100
3	4	1	24	9.8	70	5	5	2	540	150	1700
3	5	0	25	9.8	70	5	5	3	920	220	2600
4	0	0	13	4.1	35	5	5	4	1600	400	4600
4	0	1	17	5.9	36	5	5	5	> 1600	700	-
4	0	2	21	6.8	40						

Fuente: STANDARD METHODS 9221 B. STANDARD TOTAL COLIFORM FERMENTATION TECHNIQUE, JUNE 2003