Universidad Científica del Perú - UCP
Registrado en el Asiento Nº A00010 de la Partida Nº 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos, Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

"CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DEL CENTRO DE ESPARCIMIENTO EL ENCANTO DE LA LAGUNA DEL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA"

AUTOR: BACH. GUADALUPE ROSLEIDY CHAVEZ TORRES

ASESOR: LIC. ECÓL. SEGUNDO LEVI ESTELA MORENO. MSc.

San Juan Bautista - Loreto – Maynas - Perú

2024

Facultad de Ciencias
e Ingeniería

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

- Con Resolución Decanal N° 68-2017-UCP-FCEI del 20 de marzo del 2017, se designa jurado Evaluador
- Con Resolución Decanal N° 42-2024-UCP-FCEI del 22 de enero del 2024, se aprueba cambio de asesor
- Con Resolución Decanal N° 885-2024-UCP-FCEI del 26 de setiembre del 2024, se aprueba cambio de jurado evaluador
- Con Resolución Decanal N° 944-2024-UCP-FCEI del 11 de octubre del 2024, se aprueba fecha de sustentación

Siendo las 10:00 horas del día 17 de octubre de 2024, se constituyó de modo presencial el Jurado para escuchar la presentación y defensa de la Tesis: ***CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DEL CENTRO DE ESPARCIMIENTO DEL ENCANTO DE LA LAGUNA DEL DISTRTO DE SAN JUAN BAUTISTA***

Presentado por: **GUADALUPE ROSLEIDY CHAVEZ TORRES**
Para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

Asesor: *Lic, Ecol. Segundo Levi Estela Moreno, M.Sc.*

Luego de escuchar la sustentación y defensa ante las preguntas, el jurado pasó a la deliberación en forma reservada, llegando a la siguiente conclusion:

La sustentación es : Aprobada x Unanimidad

a las 11, 30 horas culminó el acto público.

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta y comunican en acto público

Dr. Alvaro Benjamin Tresierras Ayala.
Presidente

Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila, Dra
Miembro

Blga. Marjorie Raquel Donayre Ramírez, Dra.
Miembro

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

"CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA PARA USO RECREACIONAL DEL CENTRO DE ESPARCIMIENTO EL ENCANTO DE LA LAGUNA DEL DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA"

De la alumna: **GUADALUPE ROSLEIDY CHAVEZ TORRES,** de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **16% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 06 de setiembre del 2024.

Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores
Presidente del Comité de Ética – UCP

JLTF/ri-a
265-2024

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Guadulupe chavez tesis levantada obsrv. de antiplagio

16% Textos sospechosos

- 15% Similitudes
  - 2% similitudes entre comillas
  - < 1% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos
- 0% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: guadulupe chavez tesis levantads obsrv. de antiplagio.docx
ID del documento: 063406fbfff0054a5b2c6a16b17b3dca06dd31b0
Tamaño del documento original: 1,77 MB
Autores: []

Depositante: Chris Angela Ramirez Flores
Fecha de depósito: 31/8/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 2/9/2024

Número de palabras: 8358
Número de caracteres: 55.322

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unapiquitos.edu.pe https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/6827/1/Dany_Tesis_Titulo_2019.pdf 4 fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (333 palabras)
2	repositorio.unapiquitos.edu.pe https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/7773/1/Gridi_Tesis_Titulo_2016.pdf 3 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (300 palabras)
3	repositorio.unapiquitos.edu.pe https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/3399/1/Javier_Tesis_Titulo_2014.pdf 3 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (233 palabras)
4	repositorio.unapiquitos.edu.pe https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/20.500.12737/6758/1/Luis_Tesis_Titulo_2019.pdf 14 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (223 palabras)
5	repositorio.unapiquitos.edu.pe https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6345/Tania_Tesis_Titulo_201... 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (173 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucp.edu.pe http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/UCP/2741/1/GUIDO GRANDEZ GARCIA - TESIS - AMBIENTAL...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
2	ciencialatina.org https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/7884/11933	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	repositorio.uap.edu.pe https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/20.500.12990/7261/1/Tesis_Evaluación_Calidad_Agu...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	repositorio.ucp.edu.pe http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/274/SOTIL-1-Trabajo-Análisis.pdf?sequence=1	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
5	repositorio.urp.edu.pe https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/20.500.14138/3480/1/BIO-T030_44817260_T OLAZABAL VIZ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2803947
2. https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/sobre-las-bacterias
3. https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/6.Tipos-de-contaminación-alimentaria.pdf
4. https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/home.htm
5. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

HOJA DE APROBACIÓN

PROGRAMA ACADÉMICO DE: INGENIERÍA AMBIENTAL

TESISTA: GUADALUPE ROSLEIDY CHAVEZ TORRES

TESIS sustentada en acto público el 17 de octubre de 2024, a las 10:00 am en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.

DR. ÁLVARO BENJAMÍN TRESIERRA AYALA
PRESIDENTE DE JURADO

ING. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, DRA.
MIEMBRO DE JURADO

BLGA. MARJORIE RAQUEL DONAYRE RAMÍREZ, DRA.
MIEMBRO DE JURADO

LIC. ECOL. SEGUNDO LEVI ESTELA MORENO, M.Sc
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y por todas las bendiciones y ser siempre mi guía.

A mis Padres, Jorge Chávez Dávila y María Torres del Castillo, por qué siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hijos, Kylian Joao y Johan Julián, motivo para seguir adelante.

A mis Maestros que estuvieron conmigo, apoyándome.

Guadalupe Rosleidy Chávez Torres

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y entendimiento para lograr mi meta.

A la prestigiosa UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ, por acogerme en sus aulas y formarme como profesional.

Al Lic. en Ecól. Segundo Levi Estela Moreno, MSc., por guiarme durante el desarrollo de la tesis.

A mis padres, por su apoyo y respaldo constante.

A todas aquellas personas que aportaron para el desarrollo y ejecución de la tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula

Acta de Sustentación ii

Constancia de Originalidad iii-iv

Hoja de Aprobación v

Dedicatoria vi

Agradecimiento vii

Índice de contenido viii

Índice de tablas xiv

Índice de figuras xiv

Resumen xv

Abstract xvi

Capítulo I. Marco teórico 1

1.1. Antecedentes del estudio 1

1.2. Bases teóricas 7

1.3. Definición de términos básicos 9

Capítulo II. Planteamiento del problema 12

2.1. Descripción del problema 12

2.2. Formulación del problema 13

2.2.1. Problema general 13

2.2.2. Problemas específicos 14

2.3. Objetivos 14

2.3.1. Objetivo general 14

2.3.2. Objetivos específicos 14

2.4. Hipótesis 14

2.5. Variables 15

2.5.1. Identificación de las variables 15

2.5.1.1. Variable Dependiente 15

2.5.1.2. Variable Independiente 15
2.5.2. Definición conceptual de las variables 15
2.5.3. Operacionalización de las variables 16
Capítulo III. Metodología 17
3.1. Tipo y diseño de investigación 17
3.2. Población y muestra 17
3.2.1. Población 17
3.2.2. Muestra 17
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos 17
3.3.1. Técnica de recolección de datos 17
3.3.2. Instrumento de recolección de datos 17
3.3.3. Procedimiento de recolección de datos 18
3.4. Procesamiento y análisis de datos 20
Capítulo IV. Resultados 21
Capítulo V. Discusión, Conclusiones y Recomendaciones 25
5.1. Discusión 25
5.2. conclusiones 28
5.3. Recomendaciones 29
Referencias bibliográficas 30
Anexos 34

ÍNDICE DE TABLAS

N°	TITULO	Pág.
01.	Número Más Probables (Nmp/100 mL De Coliformes Totales.	21
02.	Número Más Probables (Nmp/100 mL) De Coliformes Termotolerantes.	22
03.	Desviación estándar de los promedios del número más probable (NMP/100 mL) de coliformes totales	24
04.	Desviación estándar de los promedios del número más probable (NMP/100 mL) de coliformes termotolerantes	24

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	TITULO	Pág.
01.	Comparativo de los promedios de coliformes totales y coliformes termotolerantes, de los puntos de muestreos.	23

RESUMEN

El uso del agua para fines de esparcimiento presenta algunas dificultades, más precisamente en los lugares donde existen concentraciones de poblaciones, las cuales requieren de zonas donde puedan desarrollar actividades recreativas. Los cuerpos de agua son espacios con mucha demanda y presentan una gran importancia social y económica. El objetivo de esta investigación, fue evaluar la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” del distrito de San Juan Bautista. Se recolectaron 20 muestras de las aguas superficiales, a partir de 10 puntos de muestreo seleccionados de manera aleatoria durante un periodo de 16 semanas. Para los análisis bacteriológicos se utilizó el método de los tubos múltiples de fermentación, expresados en el número más probable (NMP), utilizando campanas de Durham. Se encontró valores mínimos de 800 NMP/100 mL y valores máximos de 1300/100 mL, de coliformes totales y los valores de 550 NMP/100 mL y 1000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes, concluyendo que los parámetros bacteriológicos no sobrepasaron los límites máximos permisibles de las normas de la calidad de agua.

Palabras clave: Agua de uso recreacional, coliformes totales, coliformes termotolerantes.

ABSTRACT

The use of water for recreational purposes presents some difficulties, more precisely in places where there are concentrations of populations, which require areas where they can develop recreational activities. Bodies of water are in high demand and are of great social and economic importance. The objective of this research was to evaluate the bacteriological quality of water for recreational use in the recreation center “El Encanto de la Laguna” in the district of San Juan Bautista. Twenty surface water samples were collected from 10 randomly selected sampling points over a period of 16 weeks. For bacteriological analysis, the multiple fermentation tubes method was used, expressed in the most probable number _ MPN, using Durham hoods. Minimum values of 800 NMP/100mL and maximum values of 1300/100mL were found for total coliforms and values of 550NMP/100mL and 1000NMP/100mL for thermotolerant coliforms, concluding that the bacteriological parameters did not exceed the maximum permissible limits of the water quality standards.

Keywords: Water for recreational use, Total coliforms, Thermotolerant coliforme

CAPÍTULO I: Marco teórico

1.1 Antecedentes de estudio

Investigadores de los Estados Unidos en el año 2010 realizaron un estudio en el que determinaron la calidad bacteriológica de las aguas del río Hardy, el cual es usado para realizar actividades recreativas, teniendo en cuenta las normativas actuales respecto al uso del agua. Las muestras de agua fueron colectadas a partir de quince sitios de muestreo durante un año, en el cual se determinó la existencia de *Escherichia coli* como indicador de calidad bacteriológica. Los resultados que obtuvieron evidencian que, en el tiempo de actividad recreativa, cinco sitios estuvieron dentro de los límites máximos permisibles de 126 NMP/100 mL, mientras que los otros 10 sitios presentaron elevadas concentraciones de *Escherichia coli*, entre 8 y 7100 NMP/100 mL. Estos resultados demostraron que las aguas del río estuvieron contaminadas (1).

En la Ciudad de México en el 2013, describieron la calidad ambiental del escurrimiento de la parte norte del río Zahuapan, donde se estudiaron los parámetros de calidad del agua (SDT, SST, DBO y OD) en cinco puntos del río. Así mismo, se identificaron seis barrancas que drenan dicho río. Se analizaron las consecuencias de las actividades antrópicas que perjudican la calidad del agua y se estudiaron la conductividad, pH, SDT, OD y la temperatura. Así mismo, se encuestó a ciento cincuenta moradores que viven cerca de la zona, con la finalidad de conocer su percepción del problema ambiental del río, observándose que el 90 % de los entrevistados reconoce que la tala de árboles es un problema serio; el 84 % reconoce que el agua del río está disminuyendo, mientras que solo el 9 % cree que está contaminado (2).

Así mismo, en un estudio realizado en el estado de Sucre en Venezuela en el 2013, analizaron la calidad bacteriológica de aguas recreacionales a partir de muestras de agua de una piscina pública y de cuatro privadas, las cuales recibieron un código con letras desde la A hasta la E, recolectando dos muestras cada ocho días, durante sesenta días, antes y después de la limpieza. Se logró determinar la identificación de bacterias aerobias mesófilas mediante conteo en placas, el Número Más Probable (NMP) para coliformes totales (CT) y fecales (CF). El número más alto de bacterias mesófilas se tuvo en las piscinas públicas con 6x102 UFC/mL, y el menor número en piscinas privadas con 3x102 UFC/mL. Con respecto al NMP, antes de la limpieza, el valor alto se obtuvo en piscinas públicas con 2,8x103 CT/100 mL; y el valor más alto de CF fue de 3x102/100 mL. Los resultados no muestran diferencias significativas entre los resultados de CT y CF, realizados antes y después de la limpieza. Las que predominaron fueron las bacterias gramnegativas, en (84,21%) y B (71,92%), *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas* aeruginosa. Mientras que A mostró una mayor cantidad de aislados grampositivos (44,44%), identificándose *Staphylococcus epidermidis* y *Enterococcus faecalis*. Los resultados nos muestran la presencia de contaminación bacteriana y riesgo para la salud humana (3).

Asimismo, en México, en el 2013, determinaron la calidad de agua de la capa freática de Tepalcingo-Axochiapan, en la cual se realizaron seis colectas, tomando muestras de ocho pozos y un manantial, antes de añadirle cloro. Se midieron dos indicadores de presencia de bacterias y once fisicoquímicos. El manantial y la mayoría de los pozos dieron como resultado aguas muy duras. Los pozos que estaban ubicados en zonas de menor altitud mostraron concentraciones más elevadas de sólidos disueltos; no fue el caso para el manantial. Según los análisis respectivos, el manantial tuvo mayores diferencias en relación con los demás pozos. Según los

niveles de presencia de bacterias, un pozo y el manantial no son recomendables para realizar actividades recreacionales y, según los resultados de los análisis fisicoquímicos, tres pozos no son saludables como suministro de agua potable. La inexistencia de servicios básicos de saneamiento y la inexistencia de drenaje pueden ser el causante del deterioro de la calidad del agua de los manantiales de estos lugares (4).

En la Reserva Estatal Sierra del Tentzo, en México, en el 2013, evaluaron las variables fisicoquímicas y microbiológicas de muestras de agua del río Atoyac y el impacto medioambiental en la salud de la población. Se tomaron muestras mensualmente durante doce meses de cinco estaciones del río Atoyac. Los ensayos fisicoquímicos se realizaron mediante métodos convencionales y los ensayos microbiológicos mediante la técnica NMP. Los resultados obtenidos mostraron que los análisis fisicoquímicos de las aguas en las cinco zonas de muestreo fueron idénticos y están dentro de los límites máximos permisibles por la NOM-001-SEMARNAT-1996. El agua usada para regar presentó los niveles más bajos de oxígeno, mientras que los análisis microbiológicos mostraron la presencia de coliformes totales y fecales, los cuales rebasaron los límites máximos permisibles normados en la NOM-127-SSA1-1994 (5).

La contaminación por microorganismos de las aguas de uso recreativo puede traer enfermedades y generar malestar en la población que utiliza estas aguas. En una investigación realizada en la provincia de Salta, en Argentina, en el 2014, en la que se monitorearon cada tres meses durante doce meses tres ambientes acuáticos de uso recreativo, se concentraron las muestras y las observaron por microscopía. Así mismo, una vez al mes se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos insitu mediante técnicas tradicionales. Se obtuvieron como resultados nueve de los catorce parásitos detectados en conjunto. Estos resultados no

tuvieron correlación con los indicadores bacterianos en ninguna de las estaciones muestreadas. La presencia de bacterias disminuyó en invierno entre un 76 y un 99%, mientras que los elementos parasitarios no evidenciaron disminución estacionaria (6). En esta investigación se puede sugerir al género *Entamoeba* como un indicador de contaminación anual parasitaria, ya que se le encontró en todos los ambientes que presentaron mínimas variaciones estacionales.

En Puerto Ángel, Oaxaca, en México, en el 2013, analizaron muestras de cinco pozos de agua, los cuales eran utilizados para usos domésticos. Los análisis que realizaron fueron de calidad microbiológica y fisicoquímica. Se realizaron muestreos cada tres meses en las épocas de lluvia y estiaje. Los resultados obtenidos mostraron alta presencia de coliformes totales y fecales en el 100 % de los pozos, teniendo como valores promedio más altos para coliformes totales 8,277.80 NMP 100 mL y 11,141.30 NMP/mL para los pozos 1 y 4, respectivamente, y para coliformes fecales 920 NMP/mL 100 mL-1, 666 NMP 100 mL-1 y 367 NMP 100 mL-1, respectivamente, superando de esta manera los límites máximos permisibles establecidos en las normas de agua de México. En esta investigación también se menciona la importancia de realizar monitoreos de la calidad del agua subterránea como medida preventiva, con la finalidad de evitar la presencia de patógenos transmisores de enfermedades que pueden poner en riesgo la salud de la población (7).

Cutimbo Ticona, en el 2012, en su tesis de grado, realizó estudios sobre calidad bacteriológica de aguas subterráneas que eran utilizadas para consumo humano por pobladores de los centros poblados La Yarada y Los Palos de la ciudad de Tacna, reportando que 21 de un total de 46 muestras de agua tomadas de pozos presentaron bacterias heterotróficas, coliformes totales y

termotolerantes, sobrepasando los límites máximos permisibles, considerándose no aptos para el consumo humano (8).

En la Universidad de San Carlos en Guatemala, en el 2012, en la Facultad de Ciencias y Farmacia, realizaron una investigación para caracterizar y evaluar la calidad de agua en treinta pozos que eran utilizados para consumo humano del área urbana del departamento de Chiquimula; para ello se utilizó la técnica de tubos múltiples del número más probable (NMP). De las muestras analizadas, el 87% tuvo la presencia de coliformes, un 77% para coliformes fecales y un 50% tuvo la presencia de *Escherichia coli*, lo cual nos indica que estos niveles están por encima de los que están establecidos en las normas del país. Así mismo, menciona que la contaminación puede estar relacionada con factores como la presencia de letrinas o pozos sépticos, los cuales contribuyen a la contaminación (9).

En el cantón Cotacachi en el Ecuador, realizaron análisis de la calidad del agua para el consumo humano, con la finalidad de aplicar medidas correctivas. Los resultados muestran que la mayoría de los sistemas de agua se encuentran contaminados por la presencia de coliformes totales y fecales; esto es atribuido al mal estado de las tuberías, por pastoreo y el inadecuado manejo en las conexiones internas por parte de los usuarios en sus casas. Así mismo, se recomienda el uso de cloro para la desinfección, debido al bajo costo para adquirirlo y su practicidad para el transporte (10).

Cuando se realizó un estudio para evaluar la calidad del agua para consumo humano en un área rural de la ciudad de León en Nicaragua en el 2010, se encontró que un 95,7 % de las muestras procesadas no cumplen con las condiciones establecidas por los estándares del Laboratorio de Microbiología de la UNAN (Universidad Autónoma de Nicaragua). Así mismo, un 97,1 % de las muestras analizadas estuvieron contaminadas por coliformes,

existiendo un grado de asociación significativo entre la presencia de animales cerca de los pozos y la contaminación microbiana (11).

En el 2002 en Cuba, se realizó una investigación denominada Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. En este estudio se corrobora que enumerar bacterias indicadoras de contaminación fecal es utilizado para determinar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas utilizadas para consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. Actualmente, no existe un indicador universal, por lo que los profesionales deben seleccionar el método apropiado para cada situación específica en un estudio (12).

En nuestro país, en el 2003, encontraron que las materias fecales de hombres y animales tienen una gran cantidad de microorganismos enteropatógenos; dentro de los más representativos tenemos a Campylobacter, Salmonella, Shiguella, Yersinia, Aeromonas, Pasteurella, Francisella, Leptospira, Vibrio, protozoarios y varios grupos de virus. Realizar la descarga de materias fecales directamente a cuerpos de agua naturales genera una gran contaminación, lo cual trae riesgo de transmisión de enfermedades para la población (13).

En las aguas del golfo de Urabá en Colombia en el 2008, se evaluó la presencia de bacterias indicadoras de la calidad ambiental y sanitaria, utilizando el NMP, llegando a la conclusión de que los coliformes son los microorganismos más utilizados para el control de contaminación de estuarios, zonas costeras y el océano, lo cual es un buen indicador de la calidad global de la calidad ambiental de las zonas utilizadas para actividades recreativas y la pesca (14).

En el 2001, en el sudeste de Uruguay, se estudió la contaminación de aguas subterráneas en 50 muestras de aguas superficiales y 355 muestras de agua subterránea de los pozos, lo cual dio como

resultado una gran contaminación por coliformes totales (87%) y fecales (60%) (15). Una investigación idéntica llevada a cabo en los pozos de granjas avícolas de Buenos Aires, Argentina, en el 2012, mostró que el 54 % de los pozos estudiados no estaban aptos para ser consumidos porque contienen coliformes totales y fecales (16).

1.2 Bases teóricas

Generalidades de las bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares que pueden ser encontrados en todas partes de la tierra. Son vitales para los ecosistemas del planeta y también los más abundantes. Muchas bacterias pueden sobrevivir en condiciones extremas de temperatura y presión (17). En un gramo de tierra se pueden encontrar aproximadamente cuarenta millones de células bacterianas y un millón de células en un mililitro de agua. El cálculo es de 5×10^{30}. Las células bacterianas pueden tener diferentes formas, siendo común encontrar diferencias morfológicas en una misma especie, situación que se conoce como pleomorfismo. Así mismo, las bacterias son variadas en tamaño y forma, pudiendo ser en forma de barra, esfera o hélice. Estos pequeños organismos juegan un rol importante para la naturaleza y el hombre, siendo la flora bacteriana indispensable para el ser humano (18).

En el agua, las bacterias más frecuentes son entéricas, las cuales colonizan el tracto gastrointestinal del ser humano, el cual las elimina al expulsar las heces. Estos microorganismos, cuando llegan al agua, las condiciones ambientales son diferentes y su capacidad reproductiva de vivir es limitada. El estudio de las bacterias presenta serias dificultades a nivel de laboratorio; debido a esto se han utilizado las bacterias coliformes como indicadores (19).

Los coliformes

Los coliformes son un grupo de bacterias que presentan ciertas características bioquímicas de común importancia como indicadores de contaminación en el agua y los alimentos. En el hombre y los animales pueden sobrevivir en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades. Son capaces de permanecer grandes cantidades de tiempo en el agua y en los sistemas de desinfección (13).

Los coliformes totales

Dentro de los coliformes, no todos son de origen fecal, por lo que es necesario realizar pruebas para poder diferenciarlos y que puedan ser utilizados como indicadores de contaminación. Por lo tanto, los coliformes totales son todos los del grupo, mientras que los coliformes fecales son de origen intestinal (20).

Los coliformes fecales

Las bacterias *Escherichia coli* y *Klebsiella* spp., son los principales géneros bacterianos que se denominan como coliformes fecales. Estas bacterias son por excelencia las indicadoras de contaminación fecal en el agua; generalmente, es causada por las heces humanas. Estas bacterias fermentan la lactosa a 44,5 – 45,5 °C; a estos coliformes se los llama termotolerantes porque son capaces de vivir a altas temperaturas. Para el ámbito de la salud, son muy importantes porque pueden causar severas infecciones en el sistema respiratorio superior e inferior, así como problemas en la piel y los tejidos blandos, y causan diarreas agudas y otras enfermedades en las personas (20).

Aguas superficiales

Las aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del planeta y en contacto con la naturaleza.

Tipos de aguas superficiales

De forma general, se clasifican en dos tipos:

Aguas lóticas o corrientes: Estas aguas son las que se mueven siempre en una misma dirección, como ríos, manantiales, riachuelos y arroyos.

Aguas lénticas: Son aguas interiores quietas o estancadas, como lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos.

Agua de uso recreacional: Se denomina aguas superficiales a aquellas que son utilizadas en actividades de ocio realizadas en embalses, ríos y parajes naturales. En estas aguas se pueden bañar un gran número de personas, sin existir ningún tipo de peligro (21).

El uso de aguas de tipo recreacional puede ser beneficioso para la salud, siempre y cuando estén limpias y desinfectadas; caso contrario, puede convertirse en un lugar inseguro y peligroso para la salud. Las personas que acuden a estos lugares pueden estar mucho tiempo en condiciones adversas de temperatura, como el exceso de calor, frío y luz solar.

Para las aguas de uso recreacional, es muy importante la calidad higiénica y los controles bacteriológicos periódicos, con la finalidad de tener un buen manejo de este vital elemento. El uso de los cuerpos de agua como centros de recreación genera gran demanda de público; debido a esto, deben estar ubicados en lugares lejanos a la actividad industrial.

1.3 Definición de términos básicos

Bacterias: Son microorganismos unicelulares simples. Están distribuidos en diversos ambientes orgánicos como el suelo, el agua y el polvo atmosférico. Un número importante de bacterias es beneficioso para el funcionamiento equilibrado de los ecosistemas

acuáticos. En su gran mayoría, depende de las bacterias, las transformaciones orgánicas. Otra característica de estos pequeños seres es que ayudan en la autodepuración de las aguas. También existen bacterias que son dañinas y que pueden causar graves enfermedades en los seres humanos y animales. El tamaño de las bacterias varía entre 0,2 µm y 50 µm (19).

Coliformes: Los coliformes son especies bacterianas que presentan características bioquímicas idénticas y se utilizan como indicadores de calidad de alimentos y agua.

Calidad del agua: Hace referencia a las condiciones en las que se encuentra el agua respecto a las características fisicoquímicas, biológicas y radiológicas del agua. Esta medida del agua está en relación con las necesidades de las especies bióticas o cualquier necesidad humana. Así mismo, está relacionado con los estándares de calidad del agua (14).

Deterioro de la calidad del agua: La principal causa del deterioro de la calidad del agua es la contaminación física, química o biológica, debido a la introducción de sustancias o microorganismos no deseados que pueden llegar a convertirse en un alto riesgo para la salud de la población a corto o largo plazo (22).

Contaminación de agua: Es la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua, las cuales pueden generar una gran cantidad de consecuencias, entre las que se incluye la pérdida de equilibrio de los seres vivos. Dentro de las principales causas de la contaminación del agua están: Baja conciencia y cultura ambiental en las personas, el acelerado crecimiento industrial sin ningún control. Así mismo, existen productos que, al ser utilizados inadecuadamente, y arrojados directamente, pueden contaminar los ríos, lagos y océanos. Entre ellas podemos mencionar las aguas negras o servidas; los desechos industriales y algunos productos

utilizados en la agricultura, como son los abonos, plaguicidas y fungicidas (15).

Calidad bacteriológica: Son indicadores capaces de detectar la presencia de contaminación del agua, la cual brinda una idea de posible presencia de agentes patógenos que ponen en riesgo la salud de las personas (23).

Límites máximos permisibles: Los LMP son medidas del grado de concentración de elementos o sustancias químicas y biológicas que, al ser vertidas por un emisor, pueden causar daño a la salud, afectando la calidad de vida de la población y del medio ambiente, y está establecido en el DS 015-2015-MINAM (23).

Efectos de la contaminación en la salud del hombre: La aparición de enfermedades está relacionada directamente con la calidad de agua que consume el ser humano. Si esta no es potable, puede desencadenar el deterioro de la salud, dependiendo de los tipos de bacterias que pueda ingerir (24).

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema

El uso indiscriminado del agua para desarrollar diferentes actividades y el rápido crecimiento demográfico han generado el incremento de los niveles de contaminación de los ecosistemas. El deterioro de los ecosistemas es un problema que se muestra actualmente debido a la constante eliminación de desechos domésticos y agropecuarios que son fuente de proliferación de microorganismos que deterioran los cuerpos de aguas naturales (25).

Una gran cantidad de cuerpos de aguas continentales y costeras son utilizados para fines recreacionales y actividades de esparcimiento, así como para otros fines, como lo son el abastecimiento de agua potable, sistemas de riego, centrales hidroeléctricas y receptores de aguas servidas domésticas e industriales. Estas actividades no siempre son compatibles unas con otras y pueden tener distintos requerimientos de calidad. Las aguas que son utilizadas para uso recreacional tienen como principales consideraciones los aspectos básicos de salud y la tranquilidad de los usuarios (26).

En este contexto, el agua como líquido elemento, para el desarrollo de los ecosistemas y de la sociedad, se vuelve cada vez más difícil de conseguir; la disponibilidad es cada vez más escasa, principalmente para uso recreativo. Es común que las aguas superficiales sirvan como receptoras de aguas residuales, lo cual incrementa el riesgo de enfermedades en las personas por la exposición directa con aguas contaminadas (27).

Los parámetros para medir los componentes microbiológicos del agua para la conservación de los ambientes acuáticos y recreacionales requieren de diversos análisis para determinar la presencia de microorganismos patógenos.

Los virus, protozoos, parásitos, helmintos y las bacterias son los agentes transmisores que causan enfermedades, que van desde simples gastroenteritis hasta infecciones diarreicas fatales, disentería, fiebre tifoidea y hepatitis (28).

Por ello, una de las técnicas para realizar controles de calidad bacteriológica confiables de la calidad del agua es el uso de indicadores de la contaminación fecal. Los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y *enterococos,* son los indicadores más utilizados para identificar la presencia de contaminación fecal. El conocimiento de estos parámetros es importante para poder darle una clasificación sanitaria a las aguas para cualquier tipo de uso, los criterios según las normas de salud, la calidad y la identificación de contaminantes, los controles, tratamientos y estudios epidemiológicos (29).

Por lo tanto, frente a la problemática descrita, es necesario desarrollar estudios que evalúen la calidad bacteriológica de las aguas. En este sentido, esta investigación se ejecutó con la finalidad de evaluar la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” del distrito de San Juan Bautista, determinando el Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes totales y coliformes termotolerantes y comparando la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” del distrito de San Juan Bautista con las normas Estándares de la Calidad de Agua.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿La presencia elevada del límite máximo permisible de coliformes totales y termotolerantes, establecidos en la ley general de aguas - MINAM, afecta la calidad bacteriológica del agua para uso

recreacional del centro de esparcimiento El Encanto de la Laguna del distrito de San Juan Bautista?

2.2.2 Problemas específicos

¿La presencia de los coliformes totales y termotolerantes en número elevado referente al Límite Máximo Permitido indicará una alteración en la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento El Encanto de la Laguna del distrito de San Juan Bautista?

¿La calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” sobrepasará los límites máximos permisibles de los estándares nacionales de la calidad de agua?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Evaluar la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del Centro de Esparcimiento El Encanto de la Laguna, mediante indicadores de contaminación, según uso recreacional-MINAM.

2.3.2 Objetivos específicos

Determinar el Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes totales y coliformes termotolerantes de agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” del distrito de San Juan Bautista.

Comparar la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” del distrito de San Juan Bautista con los Estándares de Calidad Ambiental.

2.4 Hipótesis

La presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes influirá en la calidad bacteriológica de las aguas para uso recreacional del centro de esparcimiento El Encanto de la Laguna.

2.5 Variables

2.5.1 Identificación de las variables

2.5.1.1 Variable dependiente

X = Calidad bacteriológica del agua

2.5.1.2 Variable independiente

Y = Centro de Esparcimiento el Encanto de la Laguna

2.5.2 Definición conceptual de las variables

2.5.2.1 Calidad bacteriológica del agua para uso recreacional

La calidad de agua para uso recreacional hace referencia a las características físico-químicas, microbiológicas y biológicas del agua que la hacen adecuada para actividades recreativas, tales como nadar, bucear, pescar, practicar deportes acuáticos o simplemente disfrutar de un entorno acuático. El agua utilizada para estos fines debe cumplir con ciertos estándares de calidad ambiental que aseguren la seguridad y el bienestar de las personas que la utilicen (30).

2.5.2.2 Centro de Esparcimiento el Encanto de la Laguna

Espacio recreativo donde puedes realizar natación y deportes acuáticos al aire libre. (31).

2.5.3. Operacionalización de las variables

Variables	Indicador	Índices	Instrumento
Dependiente (X)			
Calidad bacteriológica del agua para uso recreacional	- Presencia elevada de coliformes totales y fecales	Índice de coliformes totales (CT)	Método del número más probable (NMP)
Independiente (Y)			
Centro de Esparcimiento el Encanto de la Laguna	- Muestras de agua superficial	Colecta de muestras de agua por 16 semanas	Frascos vidrio estériles

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue explicativo y el diseño fue transversal correlacional.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Estuvo conformada por las aguas superficiales del centro de esparcimiento "El Encanto de la Laguna", del distrito de San Juan Bautista.

3.3.2 Muestra

Estuvo conformada por 20 muestras de agua superficial de 10 puntos seleccionados, del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna”, del distrito de San Juan Bautista, las cuales fueron recolectadas durante 16 semanas.

3.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.

3.3.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue de acuerdo a American Public Health Association (32). Asimismo, para la recolección de los datos se utilizó la técnica del Número más Probable para coliformes totales y coliformes termotolerantes.

3.3.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos y equipos que se utilizaron para la recolección de los datos fueron los siguientes:

Materiales de laboratorio

a. Equipos

- Autoclave Austermod. 437 –P
- Horno tipo L/P.0302 -303
- Estufa Heraus

- Baño María marca Thelco
- Balanza Cobos de 2 platillos
- Balanza analítica Standard Ohaus
- Cocina eléctrica: Citecil

b. Medios de cultivo

- Caldo Lauril Sulfato. Merck
- Caldo Brila. Merck
- Caldo EC (Caldo E, coli). Merck

c. Materiales de vidrio

- Tubos de ensayo 16 x 150 mm
- Tubos de ensayo 25 x 200 mm
- Campanas de Durham
- Matraz de 250 y 500 mL
- Pipetas de 5 y 10 mL
- Probeta de 100 mL
- Termómetro
- Vaso precipitado
- Frascos colectores de boca ancha y tapa rosca Mechero de alcohol.

3.3.3 Procedimiento de recolección de datos

a) Frecuencia de la toma de muestras

Se recolectaron 20 muestras de las aguas superficiales del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna”, a partir de 10 puntos de muestreo seleccionados de manera aleatoria durante un periodo de 16 semanas. Para ello, se colocaron los frascos de muestreo estériles de frente a la corriente para la recolección de 100 mL de volumen de las muestras de agua a una profundidad de 20 a 30 cm.

b) Transporte y conservación de las muestras

Se utilizaron cajas térmicas con temperatura de refrigeración donde se colocaron las muestras contenidas en frascos de vidrio estériles. Posteriormente, las muestras fueron transportadas teniendo en cuenta la cadena de frío a bajas temperaturas para su posterior análisis bacteriológico en el laboratorio de análisis físico-químico y microbiológico de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (33).

c) Proceso y análisis de la muestra

Análisis bacteriológico:

Se empleó el método de los tubos múltiples de fermentación, expresados en el número más probable _ NMP, utilizando campanas de Durham (32).

Fase presuntiva:

Para la fase presuntiva, se utilizaron inóculos de 10,1 y 0,1 mL de la muestra original, en serie de tres tubos; cada tubo contenía en su interior una campana de Durham invertida y 10 mL de medio de cultivo. Para el inóculo de 10 mL, se emplearon tres tubos con Caldo Lauril Sulfato a doble concentración; para los inóculos de 1 y 0,1, se utilizaron seis tubos con el mismo medio de cultivo, pero a concentración normal (tres tubos con 1 mL de inóculo y tres con 0,1, respectivamente).

Se incubaron a 37 ºC durante 48 horas, y se consideró como tubo positivo aquel que presentó formación de gas en el interior de la campana de Durham en cualquier periodo de tiempo dentro de las 48 horas.

Fase confirmativa:

En esta fase se trabajó con los tubos positivos de la fase presuntiva, para lo cual se determinaron los coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Confirmación de coliformes totales

Para confirmar la presencia de coliformes totales, se transfirió una azada a partir de los tubos con formación de gas de la fase presuntiva a tubos que contengan en su interior campanas de Durham invertidas y 1 mL de Caldo Brila (Verde Brillante – Bilis – Lactosa).

Durante 48 horas se incubaron los tubos a 37 ºC; después del tiempo de incubación, se anotó la cantidad de tubos que presentaron formación de gas en este medio de cultivo para calcular el número de coliformes totales por 100 mL, utilizando la tabla del NMP (34).

Confirmación de coliformes termotolerantes.

Para la confirmación de coliformes termotolerantes, se transfirió una azada a partir de aquellos tubos positivos en la fase presuntiva a tubos que contenían en su interior campanas de Durham invertidas y 10 mL de Caldo *E. coli*.

Se incubó a 44,5 ºC durante 48 horas en baño maría; seguidamente, con los tubos que resultaron positivos, se determinó el número de coliformes termotolerantes por 100 mL, con la ayuda de la tabla del NMP.

Los resultados se compararon con las normas de los estándares de la calidad de agua (23).

3.4. Procedimiento y análisis de datos

Para esta etapa se utilizó la estadística descriptiva y hojas de datos de Microsoft Excel 2011, diseñando gráficos, tablas, y los análisis

estadísticos fueron procesados mediante el programa estadístico Stata.10.1.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Determinación del número más probable de bacterias coliformes totales y coliformes termotolerantes del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento "El Encanto de la Laguna".

Tabla 1. Número más probable (NMP/100 mL) de coliformes totales.

Punto de muestreo	Número de muestras	Coliformes totales (NMP/100 mL)		Coliformes totales NMP/100 mL
		Muestras		
		1	2	
1	2	900	1100	1000
2	2	1400	700	1050
3	2	1100	900	1000
4	2	1500	1100	1300
5	2	1100	700	900
6	2	700	900	800
7	2	1100	1400	1250
8	2	900	1400	1150
9	2	1100	700	900
10	2	1400	900	1150

Fuente: Datos del Tesista

En la tabla N° 01, se muestra que los puntos (5 y 6) reportaron valores mínimos de 900 y 800 NMP/100 mL y los puntos (4 y 7) reportaron valores de 1300 y 1250 NMP/100 mL, valores aproximados de coliformes totales. Estos resultados no sobrepasaron los límites máximos permisibles para aguas de uso recreativo de contacto primario, establecidos en las normas legales

de los estándares de la calidad de agua. Lo cual nos indica que es apto para uso recreativo.

Tabla 2. Número más probable (NMP/100 mL) de Coliformes termotolerantes.

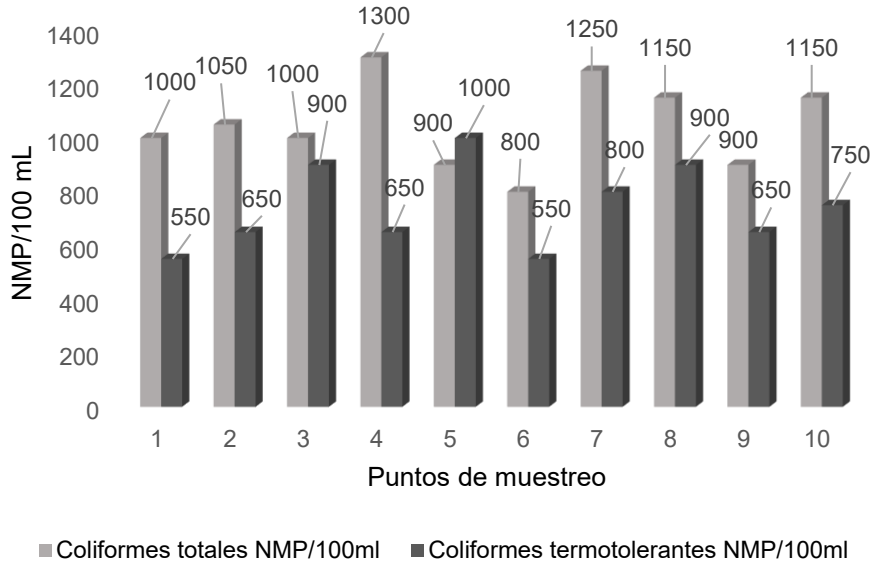
Punto de muestreo	Número de muestras	Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)		Coliformes totales NMP/100 mL
		Muestras		
		1	2	
1	2	700	400	550
2	2	900	400	650
3	2	1100	700	900
4	2	400	900	650
5	2	900	1100	1000
6	2	400	700	550
7	2	900	700	800
8	2	700	1100	900
9	2	900	400	650
10	2	1100	400	750

Fuente: Datos del Tesista

En la tabla N° 02, se muestra el promedio de los valores encontrados en las muestras de aguas analizadas, donde el punto de muestreo N° 5 reportó 1000 NMP/100 mL y el punto de muestreo N° 6 reportó 550 NMP/100 mL aproximados de coliformes termotolerantes, valores que no sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en la norma de la calidad de agua.

4.2. Comparación de la calidad bacteriológica del agua para uso recreacional del centro de esparcimiento “El encanto de la Laguna”,

Figura 1: Comparativo de los promedios de coliformes totales y coliformes termotolerantes, de los puntos de muestreos.



Fuente: datos del Tesista

En la figura 1 se muestra el comparativo de los promedios de coliformes totales y coliformes termotolerantes de los diferentes puntos de muestreo, los mismos que no sobrepasaron el límite máximo permisible establecido en el DS 0015-2015-MINAM.

Tabla 3: Desviación estándar de los promedios del número más probable (NMP/100 mL) de coliformes totales.

Coliformes_totales_NMP/100 mL		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Promedio		1,050
Desviación estándar		162
Mínimo		800
Máximo		1300

Fuente: datos de la Tesista

En la tabla 3, se observa que el promedio de NMP es de 1050, con una desviación estándar de ±162, para coliformes totales.

Tabla 4: Desviación estándar de los promedios del número más probable (NMP/100 mL) de coliformes termotolerantes

Coliformes_termotolerantes_NMP/100 mL		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Promedio		740
Desviación estándar		156
Mínimo		550
Máximo		1000

Fuente: Datos de la Tesista

En la tabla 4, se puede evidenciar que el promedio de NMP es de 740, con una desviación estándar de ±156, para coliformes termotolerantes.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

La ciudad de Iquitos, al igual que otras ciudades de la región Loreto, presenta un crecimiento demográfico exponencial. Sumado a ello, también están los problemas asociados al incremento de los residuos sólidos, la deforestación, la formación de nuevos asentamientos humanos y otros factores, lo cual lleva a la contaminación de aguas superficiales de uso recreacional, generando las condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos presentes en el agua que pueden ser transmisores de enfermedades, por lo que consideramos un aspecto muy importante la evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas superficiales.

En la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Panamá, en el 2008, evaluaron la calidad bacteriológica de la cuenca del río Villa, reafirmando que el agua que parece clara y limpia puede estar contaminada con microorganismos, lo cual sería un peligro para la salud de los pobladores, quienes hacen uso para recreación y consumo. En este estudio, concordamos con la afirmación de De la Cruz (35), por lo que consideramos importante la evaluación de los parámetros bacteriológicos con la finalidad de conocer sus niveles de concentración presentes en el agua, como componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no represente riesgo para la salud de las personas ni para el ambiente.

El agua de buena calidad es el recurso con mayor importancia y más escaso del que carece un gran número de personas alrededor del mundo (11), y la región Loreto no está exenta de esto: muchas poblaciones rurales no tienen acceso a un agua segura para uso recreativo y de consumo humano, lo cual ha ocasionado enfermedades gastrointestinales a niños y adultos. Una situación similar fue reportada por Hernández en el 2012, en un estudio realizado sobre la salud y calidad de agua en zonas urbano-marginales de la ciudad de Lima,

donde la población, en situación de pobreza y de extrema pobreza, se enfrenta a una situación en la que prevalece una alta tasa de enfermedades diarreicas por consumo de agua de mala calidad, lo que se aúna a la falta de servicios adecuados de agua potable y de alcantarillado y al alto costo del abastecimiento de agua por camiones cisterna y/o piletas públicas (36).

En cuanto a los resultados respecto a la calidad bacteriológica de las aguas de uso recreacional del centro de esparcimiento del “Encanto de la Laguna”, se encontraron valores mínimos de 800 y 900 NMP/100 mL y valores máximos entre 1250 y 1300 NMP/100 mL para coliformes totales. Valores que no sobrepasaron los límites máximos permisibles para aguas de uso recreativo de contacto primario, establecidos en las normas legales de los estándares de la calidad de agua (23). En tal sentido, estudios previos (2,5,8) mostraron concentraciones elevadas de bacterias del tipo coliformes totales en aguas superficiales; estos resultados corroboran que las actividades humanas y el crecimiento urbano son los principales factores para la contaminación de los acuíferos por bacterias de origen fecal.

En este contexto, la calidad ambiental de las aguas superficiales ha estado padeciendo en estos últimos años un acelerado proceso de deterioro, poniendo en riesgo la contaminación de las fuentes de este vital elemento. Estos eventos están relacionados con la creciente presión demográfica y la falta de ordenamiento territorial que se incrementa sustancialmente con las descargas líquidas contaminantes, la producción de residuos sólidos, el cambio de uso del suelo y el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes químicos, principalmente en las zonas rurales (37).

En relación con los análisis de los coliformes termotolerantes, se encontraron valores máximos de 1000 NMP/100 mL y valores mínimos de 550 NMP/100 mL, valores que no sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en la norma de la calidad de agua,

considerando a estas aguas superficiales aptas para uso recreacional. Situación similar a lo reportado en México y Ecuador (5,10), en el que evaluaron los valores microbiológicos de aguas superficiales, las mismas que no sobrepasaron los límites máximos permisibles, establecidos en su normativa. Asimismo, cabe destacar que nuestro resultado no concuerda con lo reportado por Hernández, Gonzales y Gómez (11,14,36), quienes reportaron elevadas concentraciones de bacterias del tipo coliformes, y que las causas de esta contaminación pueden ser atribuidas a diversos factores, como los procesos de deforestación, el escurrimiento de las aguas servidas, los fertilizantes y el crecimiento de la población (2).

5.2. Conclusiones

La calidad bacteriológica del agua superficial del centro de esparcimiento “El Encanto de la Laguna” es apta para uso recreacional.

El valor máximo promedio de coliformes totales fue de 1300 NMP/100 mL y los valores mínimos de 800 NMP/100 mL. Los coliformes termotolerantes presentaron valores máximos de 1000 NMP/100 mL y valores mínimos de 550 NMP/100 mL.

Los coliformes totales y coliformes termotolerantes no sobrepasaron los límites máximos permisibles planteados en las normas de la calidad de agua.

5.3. Recomendaciones

Realizar monitoreos permanentes de la calidad de agua para uso recreativo de los centros de recreación en el distrito de San Juan Bautista, a través de la Dirección General de Salud Ambiental.

Evaluar los parámetros físicos y químicos de las aguas superficiales destinadas al uso recreacional en el distrito de San Juan Bautista.

Desarrollar campañas de educación ambiental sobre el cuidado y conservación de las aguas superficiales.

Bibliografía

1. Romero S, García J, Valdez B, Vega M. Calidad del Agua para Actividades Recreativas del Río Hardy en la Región Fronteriza México-Estados Unidos. Inf Tecnológica. 2010;21(5):69-78.

2. Carreón MF, Suárez J, Muñoz H, Chamizo S. Environmental problems of the runoff (gullies) of Zahuapan River Basin, Tlaxcala, México.

3. Martínez A R, Albarado Y L. Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Bol Malariol Salud Ambient. enero de 2013;53(1):37-45.

4. Robles ES, Ramírez E, Durán Á, Martínez ME, González ME. Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del Acuífero Tepalcingo - Axochiapan, Morelos, México. Av En Cienc E Ing. 2013;

5. 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 del TENTZO, PUEBLA. En: Memorias del III Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrológicas. Morelia, Michoacán, México; 2013. p. 95-105.

6. Cacciabue DG, Juárez MM, Poma HR, Garcé B, Rajal VB. Cuantificación y evaluación de la estacionalidad de elementos parasitarios en ambientes acuáticos recreativos de la provincia de Salta, Argentina. Rev Argent Microbiol. abril de 2014;46(2):150-60.

7. Martínez-Lievana C, Huante-González Y, Santiago-Morales I, Sandoval-Orozco G, Estrada-Vázquez C, Madrid-González J. Diagnóstico de la calidad de agua de los pozos de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca. 2013;

8. Cutimbo Ticona CA. Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Univ Nac Jorge Basadre Grohmann [Internet]. 2012 [citado 9 de enero de 2024]; Disponible en: https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2803947

9. Castillo JHH. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

10. Reascos Chamorro BA, Yar Saavedra BM. Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas [Internet]

[bachelorThesis]. 2011 [citado 9 de enero de 2024]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/221

11. González O, Aguirre J, Saugar G, Orozco L, Álvarez G, Palacios K, et al. Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua. Univ Ón Rev Científica UNAN Ón. 3 de julio de 2007;1(1):7-13.

12. Suárez Pita M. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. Rev Cuba Hig Epidemiol. abril de 2002;40(1):38-43.

13. Paz-y-Miño M, Barzola C, Lazcano C, Ponce M, León J. Colifagos como indicadores de contaminación fecal y de remoción bacteriana en la potabilización del agua. Rev Peru Biol. diciembre de 2003;10(2):133-44.

14. Velásquez FAG, Ramírez NJA, Urhán JB, Botero MT. Distribución de dos indicadores bacterianos de calidad de agua en el Golfo de Urabá, Caribe Colombiano. Gest Ambiente. 1 de septiembre de 2008;11(3).

15. Perdomo CH, Casanova ON, Ciganda VS. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia - Sitio En Repar. 2001;5(1):10-22.

16. Rodríguez S, Gauna L, Martínez G, Acevedo H, Romero C, Rodríguez S, et al. Relación del nitrato sobre la contaminación bacteriana del agua. Terra Latinoam. junio de 2012;30(2):111-9.

17. Arte dinámico. Equipos y laboratorio de Colombia. equiposylaboratorio.com; [citado 7 de mayo de 2024]. SOBRE LAS BACTERIAS. Disponible en: https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/sobre-las-bacterias

18. Fundación Basca para la seguridad Agro Alimentaria. Tipos de contaminación alimentaria. Disponible en: https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/6.Tipos-de-contaminaci%C3%B3n-alimentaria.pdf

19. Arcos Pulido MDP, Ávila De Navia, Msc SL, Estupiñán Torres, Msc SM, Gómez Prieto AC. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova. 15 de diciembre de 2005;3(4):69-79.

20. Madigan M, Martinko J, Parker J, Brock. Biología de los Microorganismos 10° edición. Pearson; 2004. 1011 p. (Educación S.A. España).

21. Ministerio de Sanidad - Áreas - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de baño [Internet]. [citado 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/home.htm

22. Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015. Áreas temáticas: Calidad del agua [Internet]. [citado 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

23. Diario Oficial El Peruano. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM p. 7.

24. Organización Mundial de la Salud. Agua para consumo humano [Internet]. [citado 6 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

25. Larrea-Murrell JA, Rojas-Badía MM, Romeu-Álvarez B, Rojas-Hernández NM, Heydrich-Pérez M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Rev CENIC Cienc Biológicas. 2013;44(3):24-34.

26. Nadal F, Brandalise V, Rodríguez M, Larrosa N, Ruíz M, Halac S, et al. Evaluación y Valoración de la Calidad del Agua del Embalse San Roque (Cordoba) para uso Recreativo. Instituto Nacional del Agua. noviembre de 2012;12.

27. Saracho M, Segura L, Moyano P, Rodríguez N, Carignano E. Calidad del agua del rio del Valle, Catamarca, para uso recreativo.

28. Apella MC, Araujo PZ. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Solar Safe Wáter, México 18 p.

29. Cerdeña CP, Reyes-Lázaro W, Vásquez-Matute A. Contaminación de las aguas del río Itaya por las actividades portuarias en el Puerto Masusa, Iquitos, Perú. Cienc Amazónica Iquitos. 30 de junio de 2014;4(1):100-5.

30.mGonzález ME, González JÁ, Robles E, Martínez B, Sáinz M de G, Tolosa J, et al. Calidad bacteriológica del agua utilizada en clínicas odontológicas. Acta Odontológica Venez. enero de 2007;45(1):33-6.

31. RAE. Diccionario panhispánico del español jurídico - Real Academia Española. [citado 6 de mayo de 2024]. Definición de uso recreativo del agua - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE. Disponible en: https://dpej.rae.es/lema/uso-recreativo-del-agua

32. American Public Health Association, American Water association and Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1995. 20th ed.; Washington, D.C. USA. Parte 9000.

33. Navarro del Águila J. Evaluación de la calidad bacteriológica en aguas de pozo en la comunidad de Manacamiri de la región Loreto. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2014.

34. Mossel DA. Microbiología de los alimentos. Fundamentos ecológicos para garantizar y comprobar la integridad (inocuidad y calidad) microbiológica de los alimentos - Editorial Acribia, S.A. 2.ª ed. 2003.

35. De La Cruz Lombardo A. Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica de la cuenca del Río La Villa, Península de Azuero. CRU. Azuero,; 2008.

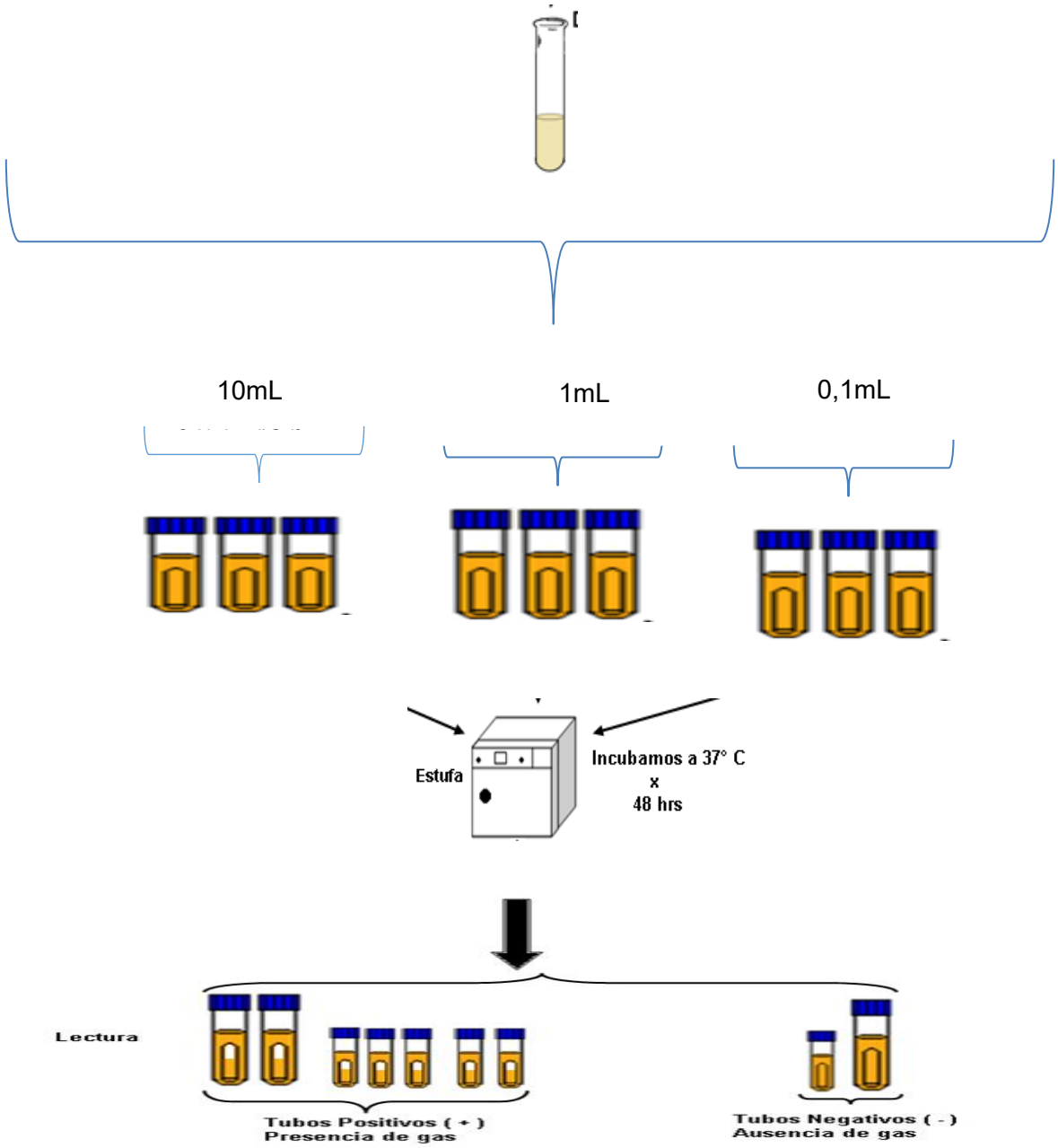
36. Resumen - Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal en agua de pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula [Internet]. [citado 7 de mayo de 2024]. Disponible en: https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/resumenes2009/inf0951.html

37. Antonio Padilla Cámbara T, García Álvarez N, Pérez Duarte W. Caracterización físico-química y bacteriológica, en dos épocas del año, de la subcuenca del río Quiscab, Guatemala. Rev Cienc Téc Agropecu. septiembre de 2010;19(3):43-6.

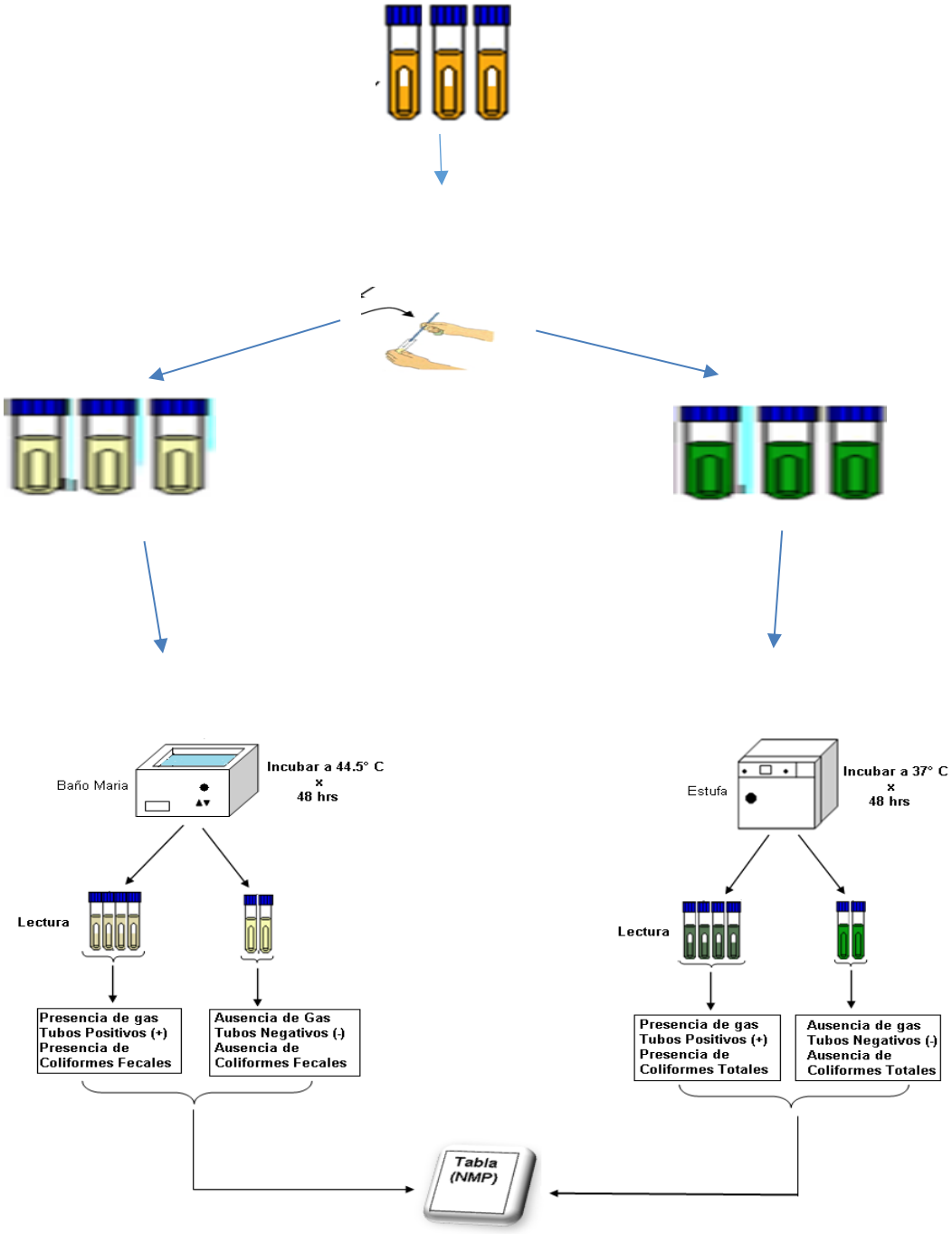
Anexos

N° 1: Fase Presuntiva

FASE PRESUNTIVA



Anexo N° 2: Fase Confirmativa



Anexo N° 3: Tabla de números más probables (NMP/100mL) y límites de confianza 95% para las diversas combinaciones de tubos positivos (3 tubos por dilución), cuando las diluciones elegidas corresponden a inóculos de siembra de 10 ml, 1 mL y 0,1 mL.

Combinación de tubos positivos	NMP/mL	Límites de Confianza 95%	
		Inferior	Superior
0-0-0	<0.03		
0-0-1	0.03	<0.005	0.09
0-1-0	0.03	<0.005	0.13
0-2-0	…….	…….	……..
1-0-0	0.04	<0.005	0.20
1-0-1	0.07	0.01	0.21
1-1-0	0.07	0.01	0.23
1-1-1	0.11	0.03	0.36
1-2-0	0.11	0.03	0.36
2-0-0	0.09	0.01	0.36
2-0-1	0.14	0.03	0.37
2-1-0	0.15	0.03	0.44
2-1-1	0.2	0.07	0.89
2-2-0	0.21	0.04	0.47
2-2-1	0.28	0.10	1.50
2-3-0	…….	…….	…….
3-0-0	0.23	0.04	1.20
3-0-1	0.39	0.07	1.30
3-0-2	0.64	0.15	3.80
3-1-0	0.43	0.07	2.10
3-1-1	0.75	0.14	2.30
3-1-2	1.20	0.30	3.80
3-2-0	0.93	0.15	3.80
3-2-1	1.5	0.30	4.40
3-2-2	2.1	0.35	4.70
3-3-0	2.4	0.36	13.0
3-3-1	4.6	0.71	24.0
3-3-2	11.0	1.50	48.0
3-3-3	≥24.0	**.....**	**.....**

Anexo N° 4: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA						
CATEGORIA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL						
DECRETO SUPREMO N° 002-2008-MINAM						
PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTERO	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1000	2000		1000	≤ 30
Coliformes totales	NMP/100mL	2000	3000		2000	
NMP/100 mL = Número más probable de 100mL.						

Anexo N° 5: Zona de muestreo: Puntos de muestreo.



Foto N° 1: Punto 1



Foto N° 2: Punto 2



Foto N° 3: Punto 6



Foto N° 4: Punto 10

Anexo N° 6: Recolección de las muestras



Foto N° 5: Toma de muestra



Foto N° 6 : Recepción de la muestra



Foto N° 7: forma de recolección de la muestra

Anexo N° 7: Procesamiento de las muestras



Foto N° 8 : Rotulación de la muestras



Foto N° 9: Incubación baño maria



Foto N° 10: Incubación en la estufa

Anexo N° 8: Siembra de las muestras

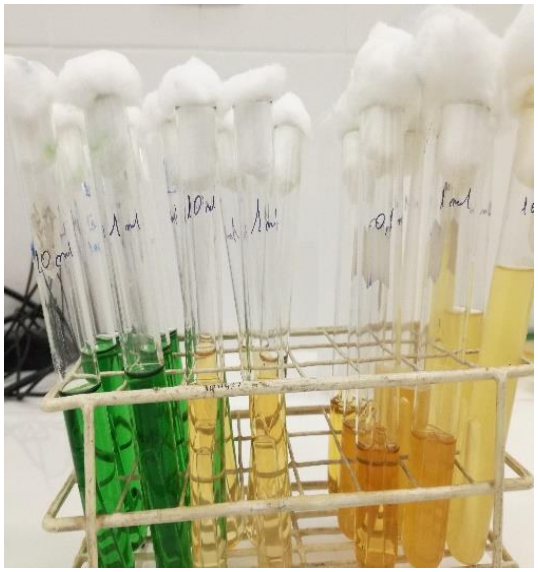


Foto N° 11: Medios de cultivo



Foto N° 12: Siembra de las muestras



Foto N° 13: Crecimiento de Coliformes



Foto N° 14: Lectura de la prueba