



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0



UNIVERSIDAD NACIONAL " SAN LUIS GONZAGA "
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
EVALUACION DE ORIGINALIDAD



INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el análisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de la Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas, quien deja:

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**Coliformes totales y termotolerantes en las aguas de la Laguna Morón –
Pisco, noviembre 2021 – marzo 2022**

Presentado por:

CYNTIA RUBI CABEZUDO CASTRO

Del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** obteniéndose como resultado una coincidencia de **0%** otorgándosele el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

SE APRUEBA EL PRESENTE TRABAJO POR TENER UNA SIMILITUD INFERIOR AL LIMITE ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO CORRESPONDIENTE (MENOR A 20%).

Ica, 10 de Agosto de 2022



ROSA BERTHA ALTAMIRANO DIAZ
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ciencias Biológicas



"Coliformes totales y termotolerantes en las aguas de la Laguna
Morón – Pisco, noviembre 2021 – marzo 2022"

Línea de Investigación

Salud pública y conservación del medio ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

PRESENTADO POR:

BACH. CABEZUDO CASTRO CYNTIA RUBI

Ica, Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres Rosana Castro y Pedro Cabezudo, por guiarme con sus valores y principios para llegar a ser una persona de bien y una buena profesional, así como su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, ayudándome a superar cada obstáculo con sus sabidurías y optimismo. A mi tía Maricris, por haber sido una de las personas que más creyó en mí y en el lugar que se encuentre seguirá sintiéndose muy orgullosa de mis logros.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por no abandonarme y guiarme por el camino correcto.

A mi asesor Blgo. Luis Cartagena Sigvas, por apoyarme brindándome su conocimiento, comprensión y paciencia como también el haberme permitido ejecutar mi proyecto de tesis en su laboratorio.

Al Dr. Juan Carlos Tantalean y Dra. Rosa Altamirano, por su comprensión y apoyo con materiales en la ejecución de mi tesis.

Al Blgo. Ulises Infante por haberme acompañado en cada uno de mis muestreos ayudándome con la recolección de muestra, de datos, fotografías y su apoyo incondicional en todo el proceso de mi ejecución y redacción de tesis.

Al Sr. Placido Huaman por haberme apoyado con la elaboración de la balsa de totora en la Laguna Morón.

A las Blgas. Lucki Paravicini y Andrea Grimaldo, por sus consejos y apoyo en la elaboración y ejecución de mi tesis.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	5
2.1. Área de estudio	5
2.2. Toma de muestra	5
2.3. Determinación de coliformes totales y termotolerantes	5
2.3.1. Fase presuntiva para coliformes	6
2.3.2. Fase confirmativa para coliformes totales	6
2.3.3. Fase confirmativa para coliformes termotolerantes	7
2.4. Lectura y registro de Número más Probable (NMP)	7
2.5. Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional recreacional	7
2.6. Análisis estadístico	8
III. RESULTADOS	9
IV. DISCUSIÓN	13
V. CONCLUSIONES	16
VI. RECOMENDACIONES	17
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
VIII. ANEXOS	23

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Promedio de coliformes totales (NMP/100 mL) en la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.	9
Tabla 2	Promedio de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) en la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.	9
Tabla 3	LMP de coliformes totales en las diferentes zonas de la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.	10
Tabla 4	LMP de coliformes termotolerantes en las diferentes zonas de la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.	11
Tabla 5	Porcentaje de coliformes totales y termotolerantes según número de muestra de acuerdo a los LMP de los ECAs, 2008 y 2017.	12

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Vista panorámica de la Laguna Morón.	23
Figura 2	Ubicación de puntos de muestreo en la Laguna Morón.	23
Figura 3	Tubos con CLS luego de incubación a $35 \pm 0,5$ °C x 48 h.	27
Figura 4	Tubos positivos para coliformes totales con presencia de turbidez y formación de gas.	27
Figura 5	Tubos con Caldo EC para coliformes termotolerantes transcurridas las 24 h.	28

RESUMEN

El agua es un elemento esencial, sin ella no hubiera vida. La degradación en la calidad de las aguas superficiales utilizadas como recreación y servicios básicos es de preocupación a nivel global y debido a que son utilizados por la población, estos van perdiendo su valor ecosistémico. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la contaminación bacteriológica de coliformes totales y termotolerantes en las aguas de la Laguna Morón-Pisco, así mismo establecer la zona con mayor carga bacteriana de estos grupos bacterianos y comparar la cantidad de coliformes con los LMP establecidos por los ECAs 2008 y 2017, como uso recreacional. Se realizaron muestreos durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022, en 5 zonas estratégicas de la laguna, obteniendo un total de 30 muestras, las cuales se analizaron mediante la Técnica de Fermentación Tubo Múltiple del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition para la determinación de coliformes totales y termotolerantes. Los resultados obtenidos para coliformes totales fluctuaron entre <math><1,8</math> NMP/100 mL y 160 000 NMP/100 mL, donde el 20 % de las muestras sobrepasaron los LMP de los ECAs, establecidos por el MINAM en 2008 y para coliformes termotolerantes el 96,67 % de las muestras no sobrepasaron los LMP establecidos por el MINAM en 2008 y 2017, los promedios de pH y temperatura fueron de 7,87 y 26,68 °C respectivamente. La zona total 1 tuvo la mayor concentración de coliformes. Se concluye que las aguas de la Laguna Morón son aptas para uso recreacional.

Palabras Clave: calidad de agua, coliformes, Laguna Morón, LMP, uso recreativo.

ABSTRACT

Water is an essential element, without it there would be no life. The degradation in the quality of surface waters used for recreation and basic services is of global concern and because they are used by the population, they are losing their ecosystem value. The objective of this work was to determine the bacteriological contamination of total and thermotolerant coliforms in the waters of the Morón-Pisco Lagoon, as well as to establish the area with the highest bacterial load of these bacterial groups and to compare the amount of coliforms with the LMP established by the ECAs 2008 and 2017, as recreational use. Sampling was carried out during the months of December 2021, January and February 2022, in 5 strategic areas of the lagoon, obtaining a total of 30 samples, which were analyzed using the Multiple Tube Fermentation Technique of the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition. for the determination of total and thermotolerant coliforms. The results obtained for total coliforms fluctuated between <math><1,8\text{ NMP}/100\text{ mL}</math> and

Keywords: water quality, coliforms, Morón Lagoon, LMP, recreational use.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial, sin ella no hubiera vida. Las fuentes de agua disponibles han sido contaminadas a lo largo de los años causando epidemias que afectaban ciudades enteras en la antigüedad. A causa de estas enfermedades a finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX se empezaron a establecer métodos para la desinfección y tratamiento del agua¹.

El término calidad del agua se utiliza para indicar su utilidad en sus diversos procesos o usos. Cualquier uso particular debe tener ciertos requisitos para sus características químicas, físicas o biológicas. En conclusión, la calidad del agua se puede definir por una cantidad de variables que van a limitar su uso². La degradación en la calidad de aguas superficiales utilizadas como recreación y servicios básicos es de preocupación a nivel global y debido a que son utilizados por la población, estos van perdiendo su valor ecosistémico³. El crecimiento de las comunidades e incremento del uso del agua contribuyen con la constante contaminación de los ambientes acuáticos, debido al vertimiento de los desechos industriales y domésticos sin un previo tratamiento⁴. Existe un fuerte interés en el monitoreo y evaluación de la calidad del agua, por lo tanto determinar la presencia de bacterias es de suma importancia para la seguridad de la salud⁵.

La contaminación del agua es un tema que afecta a los países según el nivel de desarrollo e industrialización. Actualmente en los países en vías de desarrollo se observa un incremento en la contaminación química además de la contaminación microbiana, ello debido a la creciente presencia de elementos y sustancias químicas que son utilizadas en la agricultura, industrialización y minería⁶.

En el Perú, la situación actual de la calidad del agua es alarmante debido a que una gran cantidad de los recursos hídricos que existen no tienen las condiciones de salubridad que son necesarias para sus diferentes usos. Una de las principales causas son los vertimientos descontrolados a estos cuerpos de agua sin ninguna o escasa depuración, lo que genera graves problemas para la salud⁷.

Los cuerpos de agua continentales pueden contener diversos microorganismos patógenos como bacterias, virus y protozoos; siendo la principal procedencia las heces de humanos y animales de sangre caliente⁸. Para su control de calidad microbiológica, se requiere determinar dichos agentes patógenos causantes de enfermedades como: gastroenteritis, hepatitis, disentería, diarrea o fiebre tifoidea; en su identificación se necesita de laboratorios especializados que generan un costo elevado y como alternativa, se utilizan indicadores bacterianos que presenten métodos sencillos y económicos para su identificación⁹.

Los microorganismos indicadores son aquellos que presentan una concentración y reacción parecida a los patógenos ante los diversos factores ambientales, pero más económicos y fáciles de identificar. Para que se considere un microorganismo indicador de contaminación fecal debe presentar las siguientes características: formar parte de la microbiota intestinal de individuos sanos y de las heces de animales homeotermos, estar presente con los microorganismos patógenos intestinales, estar en un número elevado, incapacidad de reproducirse fuera de su huésped, ser resistente a los factores ambientales de igual o mayor manera que los microorganismos patógenos, ser fácil de aislar y cuantificar, no ser patógeno¹⁰.

Los indicadores fecales (coliformes totales y coliformes termotolerantes) son los utilizados mayormente en la determinación de la calidad bacteriológica⁹, debido a su presencia en la microbiota del tracto intestinal¹¹. El grupo de coliformes totales está conformado por los géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, se caracterizan por ser bacilos gramnegativos no esporulados, que fermenta lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido¹². Los coliformes termotolerantes o fecales están conformados en un 95 % por *Escherichia coli* y algunas especies de *Klebsiella*, los cuales tienen la propiedad de fermentar lactosa a 44,5 °C¹⁰.

La contaminación por coliformes totales no es necesariamente intestinal, ya que estos se pueden encontrar con mayor frecuencia en el medio ambiente, su aislamiento indica deficiencia en el tratamiento del agua y la integridad del sistema de distribución¹³; la contaminación microbiológica de origen fecal es exclusiva de coliformes fecales mientras que los coliformes totales solo indican contaminación sin especificar su origen¹⁴.

En los últimos años se viene incentivando el turismo en la Laguna Morón, donde los lugareños y turistas llegan a realizar diferentes actividades recreativas como el picnic, nado, sandborading etc. dándole un uso recreacional. Sin embargo, en la actualidad la laguna no cuenta con ningún tipo de infraestructura ni baños ecológicos. Lo que conlleva a una posible contaminación ambiental por microorganismos de origen fecal en las aguas de la laguna.

Diversos trabajos a nivel internacional, reportan estudios acerca de calidad microbiana de cuerpos de agua, que son usados con diversos fines, como en el Ecuador donde evaluaron las características bacteriológicas y fisicoquímicas de la laguna Ozogoche utilizada como uso doméstico y de consumo humano, los resultados reflejaron que la laguna se encuentra dentro de los límites máximos permisibles¹⁵. Asimismo; en Argentina y Venezuela evaluaron la calidad microbiológica de las lagunas San Lorenzo y El Morro respectivamente, utilizando la técnica de Fermentación en Tubo múltiple, ambos estudios obtuvieron resultados que indicaron contaminación fecal y degradación en el ecosistema; en la laguna El Morro se reportaron valores de coliformes fecales y totales superiores a la norma nacional^{16, 17}.

A nivel nacional también se encuentran trabajos, donde se evaluaron diferentes ecosistemas acuáticos: ríos, lagos, lagunas humedales y playas. En la ciudad de Trujillo analizaron la concentración del grupo coliformes y *Escherichia coli* en la playa Salaverry durante 6 meses, reportando concentraciones bajas para coliformes fecales y totales los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP), indicando que esta playa es apta para su uso recreacional¹⁸.

En la región del Callao se realizaron dos estudios en el Área de Conservación Regional (ACR) humedales de ventanilla acerca de la calidad microbiológica con respecto a la salud pública en 2017 y en el 2018 se evaluó la calidad microbiológica y fisicoquímica. En el 2017, los resultados fueron comparados con los ECAs 2008, superando los LMP establecidos; para el año 2018 los resultados se compararon con los ECAs 2008, 2015 y 2017 en la categoría IV, donde también superó los LMP establecidos en los parámetros microbiológicos de coliformes totales y fecales como en los parámetros fisicoquímicos. Ambas investigaciones concluyeron que el ACR está impactada por contaminación microbiológica^{19, 20}.

En la región de Lima y en la ciudad de Moyobamba evaluaron la calidad microbiológica de los ríos Huaura y Huallaga respectivamente, utilizando la técnica de fermentación de tubo múltiple para analizar coliformes. En Lima, la utilización de las aguas del río Huaura son para riego de cultivos, en esta categoría los resultados superaron los LMP de los ECAs 2017, indicando que la calidad de agua no es apta para su uso. En Moyobamba, la evaluación del río Huallaga fue dada por la influencia de la descarga del río Mayo calculando el Índice de calidad de agua y análisis de t de student, verificando que el río Mayo no influye de manera significativa en la calidad del río Huallaga^{21, 22}.

En la región de Loreto y Puno se analizaron la calidad microbiológica del lago Moronacocha y la laguna confinada del malecón respectivamente, empleando la técnica de NMP, los resultados evidenciaron en ambos estudios concentraciones de coliformes superiores a los LMP establecidos, el lago Moronacocha en la categoría de conservación de ambientes acuáticos, y la laguna confinada en la categoría poblacional y recreacional^{23, 24}.

A nivel local, se evaluaron las aguas residuales de la laguna de estabilización en la ciudad de Pisco, para verificar si la concentración de carga bacteriana del efluente se encuentra dentro de los LMP establecidos para su reuso como riego agrícola. Los resultados indican que las aguas residuales del efluente de la laguna están fuera de los LMP, concluyendo que no es apta para el riego agrícola de la Categoría A, pero si son aptas para la Categoría B²⁵.

En la Laguna Morón no existen reportes, investigaciones o monitoreos municipales que determinen la calidad bacteriológica o parasitaria desde su formación hasta la fecha; pero aún

sigue siendo utilizada como recurso turístico, teniendo un contacto directo con los bañistas. Así mismo, no se ha establecido un posible riesgo de salud por presencia de patógenos fecales causantes de enfermedades leves, moderadas y graves, por ello la determinación de coliformes y su concentración ayudará en las decisiones que se tomaran para el control de vertidos, tratamiento de agua y conservación del ecosistema, evitando el riesgo de contaminación del ambiente y población⁹.

El Perú cuenta con estándares de calidad ambiental (ECA), instrumentos que establecen los niveles de concentraciones de elementos o sustancias presentes en el ambiente, que no ocasionan riesgos a la salud y medio ambiente como los LMP²⁶. Este estudio se apoyó de dichos instrumentos para verificar la calidad microbiológica en la que se encuentra actualmente las aguas de la Laguna Morón y con ello incentivar propuestas que reduzcan su contaminación, garantizando la salud pública y ambiental del lugar.

El trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la contaminación bacteriológica de coliformes totales y termotolerantes en las aguas de la Laguna Morón-Pisco; así mismo, establecer la zona con mayor carga bacteriana de coliformes totales y termotolerantes y comparar la cantidad de coliformes con los LMP establecidos por los ECAs 2008 y 2017, como uso recreacional.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Área de Estudio

La Laguna Morón se encuentra ubicada en el centro poblado Bernales, distrito de Humay con coordenadas $13^{\circ}45'36''\text{S } 75^{\circ}59'06''\text{O}$, tiene una extensión de 300 m de largo por 150 m de ancho y una profundidad máxima de 8 m. Esta laguna se alimenta de las aguas subterráneas provenientes del distrito²⁸ (Anexo 1).

La laguna se encuentra rodeada por dunas y una vegetación predominante por *Arundo donax* “carrizo” y *Thypha angustifolia* “tatora”, sus aguas tienen un color azul verdoso, observándose pollas de agua y una notable cantidad de peces en las orillas.

Los muestreos se realizaron en época de verano, durante los meses de diciembre del año 2021 y, los meses de enero y febrero del 2022.

2.2. Toma de Muestra

La toma de muestra se realizó de acuerdo a la sección 9060 A y B del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition, en 5 puntos estratégicos de la laguna (Anexo 1), denominándolas por el uso de la población y características de cada zona: zona de bañistas 1 ($13^{\circ}45'40.51''\text{S } 75^{\circ}59'9.96''\text{O}$), zona de bañistas 2 ($13^{\circ}45'46.89''\text{S } 75^{\circ}59'17.0''\text{O}$), zona total 1 ($13^{\circ}45'39.53''\text{S } 75^{\circ}59'6.99''\text{O}$), zona total 2 ($13^{\circ}45'43.16''\text{S } 75^{\circ}59'13.86''\text{O}$) y zona central ($13^{\circ}45'41.5''\text{S } 75^{\circ}59'14.22''\text{O}$), muestreándose cada 15 días, durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022, obteniéndose un total de 30 muestras. Las cuales fueron recolectadas en frascos de vidrio estériles de 500 mL, se rotularon los frascos con el número de muestra correspondiente y zona de muestreo, luego se sumergieron a 20 cm aproximadamente debajo de la superficie, dejando un espacio entre la muestra y cuello del frasco. La toma de muestra en las zonas: total 1, de bañistas 1 y 2, se realizaron a 1 m aproximadamente de la orilla, mientras que las muestras de la zona central y total 2 se realizaron con ayuda de una balsa de totora.

Se registró la temperatura y pH del agua con ayuda del pechímetro pH-2 Pro (Anexo 2), también se anotó la fecha y hora de la toma de muestra en cada zona muestreada en una ficha de elaboración propia. (Anexo 3)

Se transportaron las muestras en un cooler con geles de hielo hacia el laboratorio del Centro de Investigación, Capacitación y Asesoría (CICA), dentro de las 24 horas, donde se realizó el procesamiento de las muestras.

2.3. Determinación de coliformes totales y termotolerantes

La determinación de coliformes totales y termotolerantes se realizó mediante la Técnica de Fermentación Tubo Múltiple para el grupo de coliformes incluido en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd edition.

Esta técnica consta de 2 etapas: etapa presuntiva y etapa confirmativa (Anexo 4, 5).

2.3.1. Fase presuntiva para coliformes

- Preparación de medios:

Se preparó el medio Caldo Lauryl Sulfato Triptosa (CLS) según las indicaciones del envase, distribuyendo 10 mL en 15 tubos por cada muestra, a los cuales se les agregó campas de Durham, luego se esterilizó en autoclave a 121 °C x15 min y se agrupó en 3 series de 5 tubos.

Se realizó una serie de 3 diluciones: 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} con volúmenes de 90 mL y 9 mL de agua peptonada al 0,1 % (AP 0,1 %), colocando volúmenes de 0,1; 0,01 y 0,001 mL de la muestra.

- Procedimiento:

Se rotularon todos los tubos de CLS con su respectivo número de dilución y código de muestra correspondiente, luego se procedió a homogenizar cada muestra, agitándolas vigorosamente 25 veces; la primera dilución se realizó tomando 10 mL de muestra en 90 mL de AP 0,1 %, posteriormente la segunda dilución transfiriendo 1 mL de la primera dilución en 9 mL de AP 0,1 %, seguidamente en la tercera dilución se transfirió 1 mL de la dilución anterior en 9 mL de AP 0,1 %.

Se procedió a homogenizar las diluciones y se transfirió 1 mL de éstas en cada tubo de CLS que contenían campanas Durham, luego se incubó a $35 \pm 0,5$ °C x 24-48 h.

Transcurrido 24 horas se examinó cada tubo separando aquellos que presentaron turbidez con producción de gas al ser presuntamente positivos, seguidamente se volvieron a incubar los tubos restantes x 24 h más. Luego se separaron los tubos con las características mencionadas anteriormente.

2.3.2. Fase confirmativa para coliformes totales

Se utilizó el medio caldo bilis lactosa verde brillante 2 % (BRILA), preparándose según indicaciones del envase. Se colocó 10 mL en cada tubo de ensayo adicionando campanas de Durham. Se rotularon los tubos con BRILA con los códigos de aquellos tubos presuntamente positivos.

Se agitaron los tubos presuntamente positivos para resuspender los microorganismos y con un asa bacteriológica estéril se transfirió dos o tres asadas a los tubos con BRILA. Se incubaron a $35 \pm 0,5$ °C x 24-48 h, realizando una primera lectura a las 24 h y la segunda a las 48 h, registrando aquellos tubos con formación de gas y turbidez como positivos para coliformes totales.

2.3.3. Fase confirmativa para coliformes termotolerantes

Se empleó el medio caldo EC (se preparó según indicaciones del envase), distribuyendo 10 mL en cada tubo de ensayo agregando campanas de Durham. Se rotularon los tubos con EC con los códigos de aquellos tubos presuntamente positivos, éstos se agitaron y se tomó dos o tres asadas para inocular a los tubos con caldo EC. Se incubaron a $44,5 \pm 0,2$ °C x 24 h, pasado el tiempo de incubación aquellos tubos que mostraron turbidez y producción de gas se consideraron positivos para coliformes termotolerantes.

2.4. Lectura y registro de Número más Probable (NMP)

Se realizó la estimación de concentración de coliformes fecales y termotolerantes calculando el valor de NMP/100 mL de acuerdo a los resultados de la fase confirmativa. Se buscó la serie en la tabla 9221: IV NMP²⁸ con un límite de confianza de 95 % (Anexo 6). Los resultados fueron ajustados mediante la siguiente formula.

$$\text{NMP/100 mL} = \text{Valor de la tabla de NMP} \times \frac{10}{\text{Mayor volumen de muestra}}$$

2.5. Estándares de Calidad Ambiental para Agua Categoría 1: Poblacional recreacional

Se compararon los resultados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por los DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM²⁹ y DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM de la Categoría 1- Sub categoría B1 (contacto primario)³⁰. (Anexo 7 y 8)

DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM

- Coliformes Totales: 1 000 NMP/100 mL
- Coliformes Termotolerantes: 200 NMP/100 mL

DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM

- Coliformes Termotolerantes: 200 NMP/100 mL

2.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se insertaron en una tabla de distribución porcentual, para la determinación de porcentajes de cada resultado obtenido.

III. RESULTADOS

Tabla 1: Promedio de coliformes totales (NMP/100 mL) en la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.

MESES	PUNTOS DE MUESTREO				
	ZONA DE BAÑISTAS 1	ZONA DE BAÑISTAS 2	ZONA TOTAL 1	ZONA TOTAL 2	ZONA CENTRAL
DICIEMBRE	650	200	2 675	100	390
ENERO	100	100	80 650	90	<1,8
FEBRERO	100	100	19 950	<1,8	<1,8

Tabla 2: Promedio de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) en la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.

MESES	PUNTOS DE MUESTREO				
	ZONA DE BAÑISTAS 1	ZONA DE BAÑISTAS 2	ZONA TOTAL 1	ZONA TOTAL 2	ZONA CENTRAL
DICIEMBRE	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
ENERO	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
FEBRERO	<1,8	<1,8	200	<1,8	<1,8

Tabla 3: LMP de coliformes totales en las diferentes zonas de la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.

MESES	PUNTOS DE MUESTREO				
	ZONA DE BAÑISTAS 1	ZONA DE BAÑISTAS 2	ZONA TOTAL 1	ZONA TOTAL 2	ZONA CENTRAL
DICIEMBRE	<1,8	200	450	<1,8	<1,8
	1 300	200	4 900	200	780
ENERO	<1,8	<1,8	160 000	<1,8	<1,8
	200	200	1 300	180	<1,8
FEBRERO	200	200	35 000	<1,8	<1,8
	<1,8	<1,8	4 900	<1,8	<1,8

Valor de referencia de LMP para coliformes totales = 1 000 NMP/100 mL (ECAs 2008)

Tabla 4: LMP de coliformes termotolerantes en las diferentes zonas de la Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.

MESES	PUNTOS DE MUESTREO				
	ZONA DE BAÑISTAS	ZONA DE BAÑISTAS	ZONA TOTORAL	ZONA TOTORAL	ZONA CENTRAL
	1	2	1	2	
DICIEMBRE	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
ENERO	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
FEBRERO	<1,8	<1,8	400	<1,8	<1,8
	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8

Valor de referencia de LMP para coliformes termotolerantes = 200 NMP/100 mL (ECAs 2008 y 2017)

Tabla 5: Porcentaje de coliformes totales y termotolerantes según número de muestra de acuerdo a los LMP de los ECAs 2008 y 2017.

LMP	M	NUMERO DE MUESTRA (Coliformes totales)	%	NUMERO DE MUESTRA (Coliformes termotolerantes)	%
SUPERIOR AL LMP		6	20	1	3,33
INFERIOR AL LMP		24	80	29	96,67
TOTAL		30	100	30	100

IV. DISCUSIÓN

Los promedios de coliformes totales por cada mes (Tabla 1) fluctuaron entre $<1,8$ NMP/100 mL y 80 650 NMP/100 mL, durante el mes de diciembre se reportó un promedio mayor de coliformes totales en 4 de las 5 zonas (zona de bañistas 1 y 2, zona total 2 y zona central) debido a que hubo una mayor cantidad de turistas por fiestas de fin de año en comparación con los meses de enero y febrero, así mismo la zona bañistas 1 tuvo un promedio de coliformes totales (650 NMP/100 mL) superior a la zona bañistas 2 (200 NMP/100 mL) en el mes de diciembre, esto se debe a que la zona bañistas 1 se encuentra más accesible y cerca de la entrada a la laguna.

La zona total 1 tuvo el mayor promedio de coliformes totales 2 675 NMP/100 mL, 80 650 NMP/100 mL y 19 950 NMP/100 mL durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022 respectivamente, debido a que se encuentra rodeada de totora y carrizales, el cual asemeja una entrada donde se observaron restos de materia fecal como también restos de papeles. La Laguna Morón no cuenta con ningún tipo de infraestructura para vestidores o baños ecológicos; por lo tanto, los turistas o visitantes utilizan ese tipo de entradas como una opción. (Tabla 1)

La zona total 2 y zona central tuvieron promedios inferiores de coliformes totales en comparación a todas las zonas muestreadas, debido a la poca accesibilidad de ambas zonas, porque solo se puede ingresar utilizando un bote o balsa de totora por la profundidad de la laguna y la mayoría de los visitantes prefieren permanecer a la orilla de esta. (Tabla 1)

Los resultados obtenidos muestran concentraciones bajas de coliformes totales indicando un buen estado de la laguna, cabe recalcar que estos muestreos fueron durante la Pandemia por el covid-19 donde la laguna no era muy concurrida, observándose turistas en menor frecuencia que en años anteriores y por ende poca contaminación.

El promedio de coliformes termotolerantes en la Laguna Morón por cada mes (Tabla 2) fluctuaron entre $<1,8$ NMP/100 mL y 200 NMP/100 mL, teniendo a 200 NMP/100 mL como único valor reportado en la zona total 1 durante el mes de febrero, indicando una contaminación reciente de origen fecal en este mes. Esto se debe a la ubicación y característica de la zona mencionada anteriormente. Las concentraciones de coliformes termotolerantes en la mayoría de las zonas durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022 fue de $<1,8$ NMP/100 mL, indicando que no hubo contaminación de origen fecal.

La actualización de los ECAs para el agua establecidos por el DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM al DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM, omiten el parámetro de coliformes totales en la categoría 1- Sub categoría B1 (uso recreacional); sin embargo, para la

comparación de los resultados del grupo coliformes se tomó estos 2 decretos, debido a que la información que nos proporciona los coliformes totales nos indican un estado de degradación de los cuerpos de agua como lo señala Rodríguez, *et al*¹⁹ en su estudio microbiológico de los humedales de ventanilla. Esta información nos brinda un panorama mayor acerca de la situación actual de la laguna Morón, no solo como uso recreativo sino también como hábitat de diversas especies en flora y fauna.

Se reportó concentraciones de coliformes totales en 16 de las 30 muestras, de estas solo 6 sobrepasaron los LMP de los ECAs, para el agua establecidos por el MINAM en 2008 (Tabla 3). Estudios realizados en la laguna Ozogoché¹⁵ se asemejan a este estudio reportando valores de coliformes totales dentro de los LMP, concluyendo que sus aguas son aptas para ser utilizadas con fines domésticos y de consumo humano. Sin embargo, otras investigaciones realizadas en el ACR humedales de Ventanilla¹⁹ y en la laguna San Lorenzo¹⁶ difieren con los resultados de este estudio reportando concentraciones de coliformes totales fuera de los LMP. En el ACR se reportó un promedio anual de coliformes totales $>2\ 000$ NMP/100 mL, evidenciando que la actividad humana altera los ecosistemas acuáticos, convirtiéndolos en focos infecciosos para la salud humana. En la laguna San Lorenzo se reportó un mayor porcentaje de bacterias coliformes en los últimos muestreos ($>1\ 100$ NMP/100 mL) confirmando un estado de degradación.

Los coliformes termotolerantes de la zona total 1 sobrepasaron en una muestra los LMP establecidos por el MINAM en 2008 y 2017, con un resultado de 400 NMP/100 mL (Tabla 4); siendo este el único valor de las 30 muestras examinadas de toda la laguna en presentar concentración de coliformes termotolerantes. Estudios realizados en la laguna confinada del Malecón²⁴ y el lago Moronacocha²³ difieren con estos resultados, reportando valores altos de coliformes termotolerantes que superan los LMP. En la laguna confinada del Malecón tuvo un promedio de coliformes termotolerantes de 1.9×10^6 NMP/100 mL, concluyendo que no es apta para uso recreativo considerándose un riesgo para la salud; así mismo, en el lago Moronacocha se tuvo un valor de 12 450 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes, disminuyendo la calidad del agua.

El 20 % de las muestras para coliformes totales sobrepasaron los LMP establecidos por el MINAM en 2008 para uso recreativo mientras que el 80 % fueron inferiores a estos; así mismo, para coliformes termotolerantes el 96,67 % de las muestras fueron inferiores a los LMP establecidos por el MINAM en 2008 y 2017, comprobándose una baja contaminación por coliformes (Tabla 5). Cabe mencionar que la Laguna Morón no se encuentra categorizada en la RESOLUCION JEFATURA 056-2018 como uso recreativo; sin embargo, se le asignó esta

categoría de acuerdo al uso que se le está dando actualmente por parte de los pobladores y visitantes.

V. CONCLUSIONES

1. Las aguas de la Laguna Morón presentaron contaminación bacteriológica por coliformes totales en todas las zonas muestreadas.
2. La zona total 1 presentó la mayor carga bacteriológica de coliformes totales y termotolerantes.
3. Las aguas de la Laguna Morón presentaron niveles inferiores a los Límites Máximos Permisibles de los ECAs establecidos en el DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM en el parámetro microbiológico de coliformes totales con un porcentaje de 80 % de todas las muestras.
4. Las aguas de la Laguna Morón presentaron niveles inferiores a los Límites Máximos Permisibles de los ECAs en el parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes con un porcentaje de 96,67 % de todas las muestras, por lo tanto la Laguna Morón es apta para uso recreacional de acuerdo a lo establecido en el DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM y DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM.

VI. RECOMENDACIONES

- 1.** Realizar la evaluación de coliformes totales y termotolerantes en la Laguna Morón en las distintas épocas del año y durante un periodo más largo, para monitorear las concentraciones de coliformes.
- 2.** Utilizar otras técnicas de detección para coliformes totales y termotolerantes, que brinden de manera exacta las concentraciones de estos en las aguas de la laguna.
- 3.** Evaluar todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los ECAs que establece el MINAM, para saber de manera exacta la calidad del agua en la Laguna Morón.
- 4.** Complementar con otras investigaciones para su posterior categorización.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sierra, C. Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico. 1ra edición. Colombia: Ediciones de la U. 2011. [Consultado 18 marzo 2022]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=calidad+de+agua+definiciones&ots=cdZRQo0G8j&sig=KF_P93T5dR6FUJHrSKKK2ZffZrU#v=onepage&q=calidad%20de%20agua%20definiciones&f=false
2. Bartram, J., Ballance, R. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. UNEP/WHO. 1996. [Consultado 15 marzo 2022]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41851/0419217304_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Rivera C., Letelier J., Acevedo B., Tobar T., Torres C., Cataldo A., *et al.* Calidad del agua del estero El Sauce Valparaiso, Chile Central. Rev. Int. Contam. Ambient. 2020; 36(2):261-273. [Consultado 13 marzo 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992020000200261&lang=es#B16
4. Larrea J., Rojas M., Romeu B., Rojas N., Heydrich M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: Revisión de la literatura. Rev. CENIC.2013; 44(3): 24-34. [Consultado 17 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
5. Páll, E., Niculae, M., Kiss, T., Sandru, C., Spinu, M. Human impact on the microbiological water quality of the Rivers. Journal of Medical Microbiology. 2013; 62: 1635–1640. [Consultado 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3809112/>
6. Blanes, J., Quintana, D. Contaminación del agua. Revista Virtual REDESMA. 2010; 4(10): 5-8. [Consultado 10 marzo 2022]. Disponible en: <http://biblioteca.ribei.org/id/eprint/299/1/redesma10.pdf>

7. Plan nacional de Recursos Hídricos. Anexo III. Programas de medidas. ANA [Consultado 19 marzo 2022]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/e_anexo_3_parte_8_0_0.pdf

8. Prats J., Garcia-Armisen T., Larrea J., Servais P. Comparison of culture-based methods to enumerate *Escherichia coli* in tropical and temperate freshwaters. *Lett. Appl. Microbiol.* 2007; 46(2): 243-248. [Consultado 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1472-765X.2007.02292.x>

9. Arcos M., Ávila S., Estupiñán S., Gómez A. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA.* 2005; 3(4): 69-79. [Consultado 11 marzo 2022]. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/338/1214>

10. Delgado, C., Fall C., Quentin E., Jimenez M., Esteller M., Garrido S., *et. al.* Indicadores de contaminación fecal en aguas. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. [Internet]. 1ra Edición. Argentina: RIPDA-CYTED. p. 224. 2003. [Consultado 06 marzo 2022]. Disponible en: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf

11. Santiago T., Tremblay R., Toledo C., Gonzalez J., Ryu H., Santo J., *et al.* Microbial Quality of Tropical Inland Waters and Effects of Rainfall Events. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012; 78(15): 5160-5169. [Consultado 14 marzo 2022]. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/AEM.07773-11>

12. Instituto Nacional de Aprendizaje. Control de inocuidad en la industria alimentaria. [Consultado 20 marzo 2022]. Disponible en: https://www.inapidte.ac.cr/pluginfile.php/14407/mod_resource/content/11/assets/microorganismos-indicadores.pdf

13. Navarro, M., Consuelo, L., Duque, M. Determinación de Coliformes totales y *E. coli* de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable. [Internet]. Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - República de Colombia. 2007. [Consultado 28 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2>

14. Apella M., Araujo P. Microbiología de agua. Conceptos básicos. Argentina; p.33-50. [Consultado 20 marzo 2022]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/132795>
15. Galárraga, E., Tiscama, D. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la laguna de Ozogoché de la zona central del Ecuador. [Título]. Universidad Técnica de Ambato; 2020. [Consultado 02 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30944>
16. Cid, N. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua procedente de la laguna San Lorenzo-Neuquén. [Título]. Universidad Nacional del Comahue; 2019. [Consultado 03 marzo 2022]. Disponible en: <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/123456789/15175>
17. López, I. Variación temporal de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la laguna El Morro, municipio Mariño, Isla de Margarita, durante el periodo marzo 2011 - marzo 2012. [Título]. Universidad de Oriente; 2012. [Consultado 03 marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1884215>
18. Romero, B. Concentración de Coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* en agua de mar de la playa de Salaverry. [Título]. Universidad Nacional de Trujillo; 2016. [Consultado 04 Marzo 2022]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5095>
19. Rodríguez, R., Retamozo-Chavez, R., Aponte, H., Valdivia, E. Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología aplicada*. 2017; 16(1):15-21. [Consultado 04 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34152002003>
20. Fajardo, N. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla, región Callao, Perú. [Magíster]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018. [Consultado 04 marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2877862>
21. Cortez, A., Santa, A., Hernández, A., Romero, J. Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang Faustiniiano*. 2019; 8(4): 17-20. [Consultado 04 marzo 2022]. Disponible en: <https://revistas.unjpsc.edu.pe/index.php/BIGBANG/article/view/556>

22. Puerta, C. Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA – PE. [Título]. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto; 2019. [Consultado 05 Marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2845573>
23. Sotil, H. Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica (coliformes totales y termotolerantes) en el lago de Moronacocha. [Título]. Universidad Científica del Perú; 2017. [Consultado 05 marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2350000>
24. Quispe, D. Contaminación por coliformes y características fisicoquímicas de la laguna confinada del malecón turístico - bahía interior de Puno. [Título]. Universidad Nacional del Altiplano; 2022. [Consultado 05 marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3079399>
25. Aroné, S. Indicadores fecales en afluyente y efluente en aguas residuales de la laguna de estabilización "Boca del Rio" de EMAPISCO S.A. - Ica. Agosto 2017 - enero 2018. [Título]. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica; 2019. [Consultado 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2785870>
26. Ministerio del Ambiente. Estándares de calidad ambiental. [Internet]. [Consultado 13 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/wp-content/uploads/sites/146/2017/06/Preguntas-frecuentes.pdf>
27. Bernaus L. Laguna de Morón, el otro Oasis (totalmente escondido) de Perú. [Internet]. Vanguardia. 2020. [Consultado 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/ocio/viajes/20200411/48390762513/laguna-de-moron-peru-oasis-escondido.html>
28. Rice E., Baird R., Eaton A. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. J Am Public Health Assoc.2017; 23rd. [Consultado 27 febrero 2022]. Disponible en: <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
29. Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM. El Peruano. [Consultado 11 marzo 2022]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_002-2008-minam.pdf

30. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM. El Peruano. [Consultado 16 marzo 2022]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

31. Weather Spack. [Consultado 20 marzo 2022]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/s/22226/1/Tiempo-promedio-en-el-verano-en-Humay-Per%C3%BA#Figures-Temperature>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación geográfica de puntos de muestreo la Laguna Morón



Figura 1. Vista panorámica de la Laguna Morón

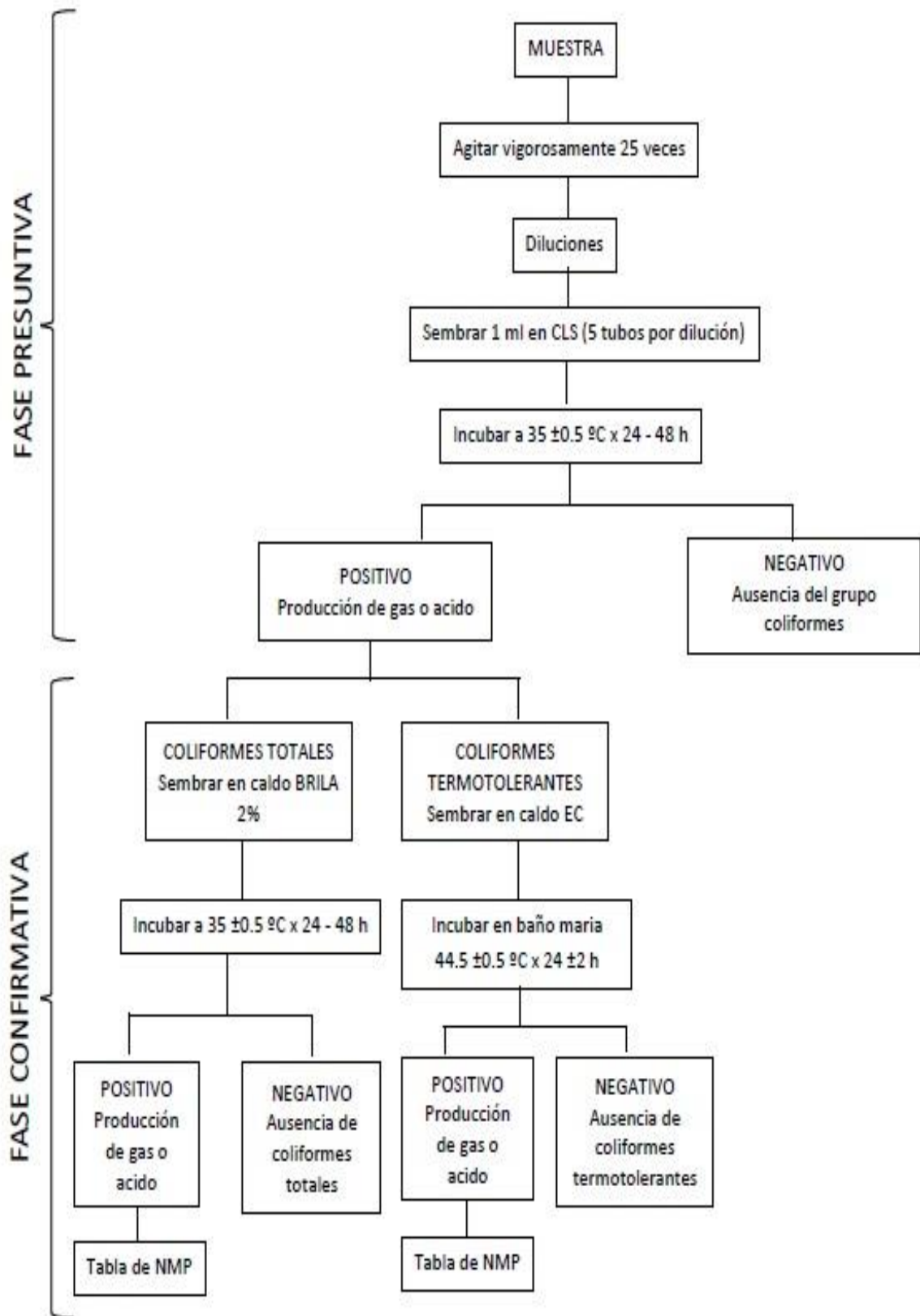


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo en la Laguna Morón.

Anexo 2: Promedio de pH y Temperatura en muestra de agua de Laguna Morón durante los meses de diciembre 2021, enero y febrero 2022.

ZONAS	pH	TEMPERATURA °C
ZONA DE BAÑISTAS 1	7,94	26,75
ZONA DE BAÑISTAS 2	7,85	26,75
ZONA TOTORAL 1	7,79	26,58
ZONA TOTORAL 2	7,84	26,77
ZONA CENTRAL	7,85	26,77

ANEXO 4. Flujograma para coliformes técnica de Fermentación Tubo Múltiple



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5. Determinación de coliformes totales y termotolerantes

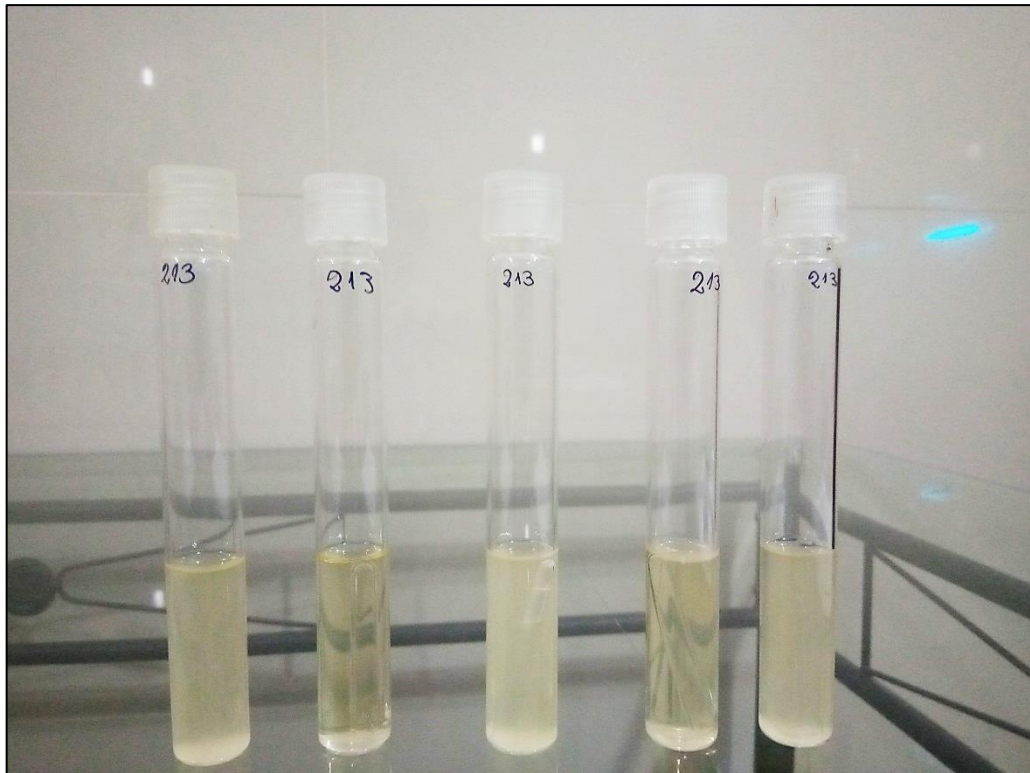


Figura 3. Tubos con CLS luego de incubación a $35 \pm 0,5$ °C x 48 h.

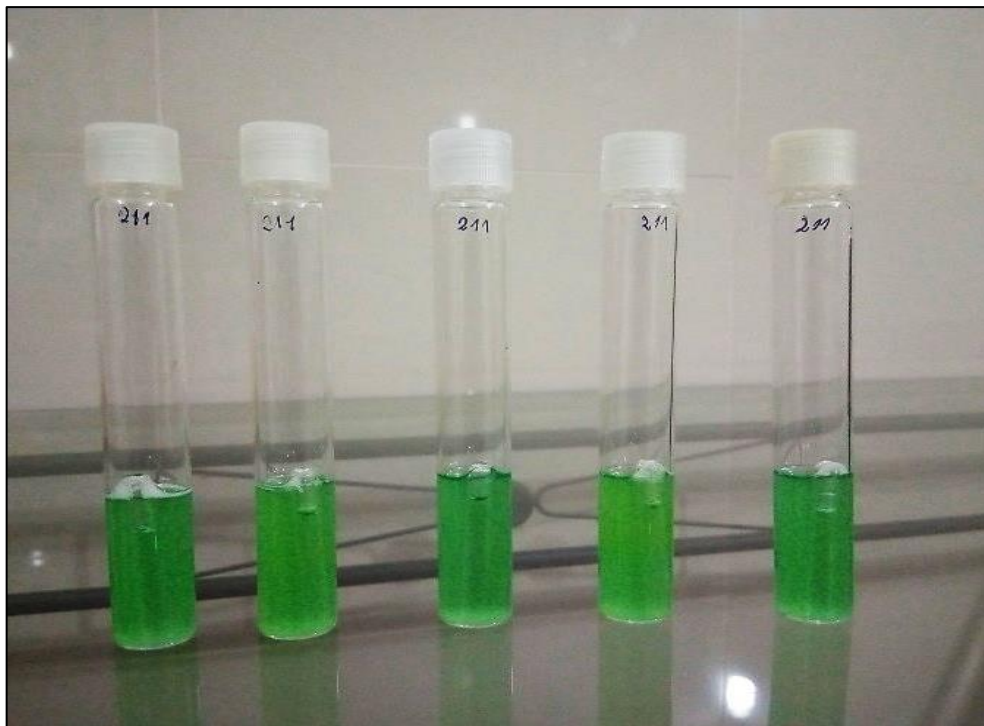


Figura 4. Tubos positivos para coliformes totales con presencia de turbidez y formación de gas.

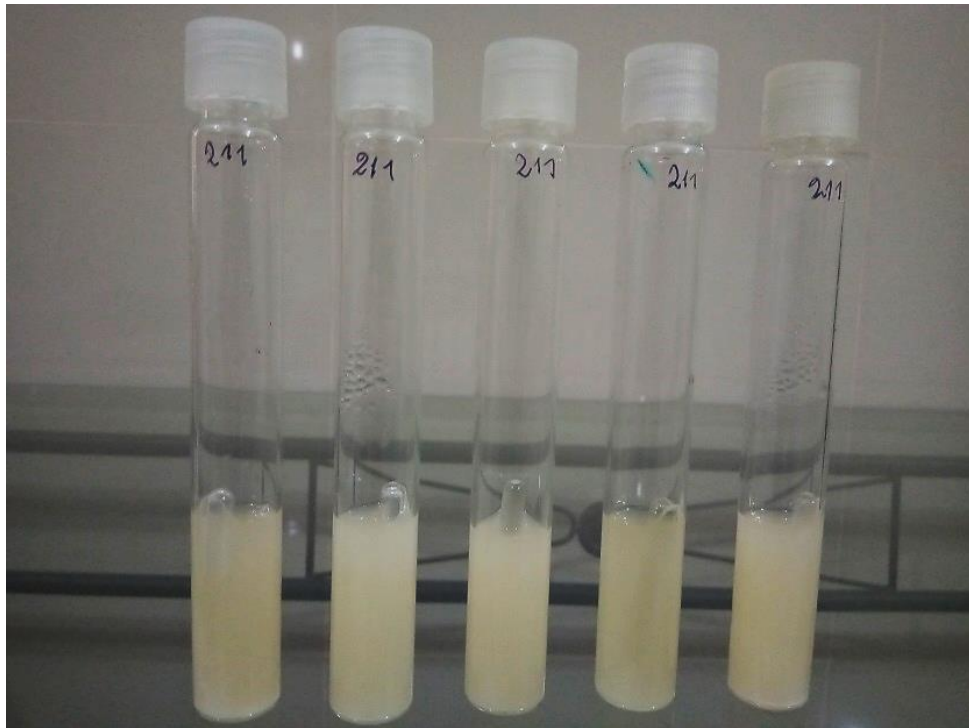


Figura 5. Tubos con Caldo EC para coliformes termotolerantes transcurridas las 24 h.

ANEXO 6. Tabla del Numero más Probable (NMP).

MULTIPLE-TUBE FERMENTATION TECHNIQUE (9221) Estimation of Bacterial Density

TABLE 9221:IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE RESULTS WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)*

Combination of Positives	MPN Index/100 ml.	Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/100 ml.	Confidence Limits	
		Low	High			Low	High
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				

* Results to two significant figures.

ANEXO 7. DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM

ANEXO I
ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA
CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable				Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2	
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario	VALOR
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	
MICROBIOLÓGICO							
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000	
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000	
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia	
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0		
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0	
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	

NMP/100 mL. Número más probable en 100 mL

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

ANEXO 8. DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia