



**ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA
LAGUNAR EL LAGUITO (CARTAGENA, BOLÍVAR) ENTRE 2020 Y 2021**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGO MARINO

**José Santos Cabrera Cuadro
Brian David Gutiérrez Donado**

UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELIAS BECHARA ZAINUM

ESCUELA BIOLOGIA MARINA

CARTAGENA - COLOMBIA

2023



**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA
LAGUNAR EL LAGUITO (CARTAGENA, BOLÍVAR) ENTRE 2020 Y 2021**

PRESENTADO POR:

**José Santos Cabrera Cuadro
Brian David Gutiérrez Donado**

DIRECTOR

Luz Marina Mejía Ladino, M. Sc.

CODIRECTOR

Vicky Pomares, M. Sc.

UNIVERSIDAD DEL SINÚ ELIAS BECHARA ZAINUM

ESCUELA BIOLOGIA MARINA

CARTAGENA - COLOMBIA

2023

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. JUSTIFICACIÓN
3. MARCO DE REFERENCIA
 - 3.1. Marco teórico
 - 3.2. Estado del arte
 - 3.3. Marco conceptual
4. MARCO DE INVESTIGACIÓN
 - 4.1. Descripción del problema
 - 4.2. Formulación del problema
 - 4.3. Pregunta de investigación
 - 4.4. Alcance
5. OBJETIVOS
 - 5.1. Objetivo General
 - 5.2. Objetivos Específicos
6. METODOLOGIA
 - 6.1. Área de estudio
 - 6.2. Recolección de muestras
 - 6.3. Variables de estudio
 - 6.4. Procedimientos en laboratorio
 - 6.4.1. Medios de Cultivo
 - 6.4.2. Análisis Morfocultural:
 - 6.4.3. Tinción de Gram:
 - 6.4.4. Recuento total de bacterias o Unidades formadoras de colonias (UFC)
 - 6.5. Plan de análisis de datos
7. RESULTADOS
8. DISCUSION
9. CONCLUSIONES
10. RECOMNDACIONES
11. BIBLIOGRAFÍA
12. ANEXOS

RESUMEN

El ecosistema lagunar “El Laguito” (Cartagena, Bolívar) es una zona del Caribe colombiano que en los últimos años ha presentado diferentes eventos de mortandad de peces, cuyas causas aún no han sido determinadas con precisión. Este ecosistema aparentemente está contaminado por aguas residuales domésticas, y el cierre de su boca se debe a la alta sedimentación ocasionada por el espolón artificial adyacente, construido hace más de 50 años, lo cual ha ocasionado la muerte de peces de manera periódica, altos valores de materia orgánica (MO) y escasa circulación del agua. Por lo tanto, este estudio tiene el objetivo de analizar físicoquímica y microbiológicamente el agua del cuerpo lagunar, para determinar qué agentes infecciosos pueden ser una de las causas de dicha mortandad. Se realizaron cuatro muestreos, dos en época lluviosa y dos durante la seca, se tomaron las muestras de agua en cuatro estaciones ubicadas a lo largo de El Laguito, las cuales se almacenaron y se llevaron a la Universidad del Sinú para su posterior cultivo en laboratorio. La salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH fueron tomados *in situ*. Con el fin de identificar los diferentes microorganismos presentes en las muestras de agua, se emplearon cinco tipos de agares (Cetrimide, Chromocult, EMB, Sangre y TCBS). Para hacer el cultivo microbiológico de las muestras se tomaron 50 μ L de cada frasco, las cuales se sembraron utilizando la técnica de barrido masivo y se incubaron por un periodo de 24-48 horas a 36°C. Se emplearon técnicas posteriores a los cultivos, tales como análisis morfo-cultural y tinción de Gram, para la definición de morfotipos. Los parámetros se tomaron a lo largo de los cuatro meses arrojando diferencias entre ambas épocas, lluviosa (Noviembre y Diciembre - 2020) y seca (Abril y Mayo - 2021), registrándose en la época seca un aumento en la temperatura del agua, así como, una disminución en los parámetros de pH, salinidad y oxígeno disuelto, respecto a la época lluviosa. Los valores promedios de los parámetros físicoquímicos fueron 30.2°C \pm 2,19 para la temperatura; 7.7 \pm 0,646 para el pH; 28.9 \pm 3,60 para la salinidad; y 6.6 \pm 1,015 para el oxígeno disuelto. Se encontraron 26 morfotipos en total, en los cinco agares empleados: 7 en Agar Sangre (4 fueron exclusivos de la época lluviosa); 5 en TCBS (3 fueron exclusivos de la época seca y uno de época lluviosa); 3 en EMB (2 fueron

exclusivos de la época lluviosa); 8 en Chromocult (6 estuvieron presentes en ambas épocas climáticas); y 3 en Cetrimida (2 fueron exclusivos de la época seca). Se encontró que en general, más de la mitad de los morfotipos están compartidos entre ambas épocas climáticas (58%), y cada una de ellas, tienen siete morfotipos exclusivos. Además, se observa que algunos agares tuvieron mayor crecimiento en ciertas épocas, registrando que en la época seca, los agares sangre y EMB presentaron un número alto de cepas exclusivas de la época, lo cual ocurre de la misma forma con Chromocult y Cetrimida, en los cultivos de época lluviosa. A pesar de no lograr la identificación hasta especie en este estudio, se pudo observar que los diferentes medios de cultivo permitieron incubar una variedad importante de microorganismos, en su mayoría gramnegativos, y se describen en detalle las características morfológicas de los morfotipos encontrados en este cuerpo de agua que tiene gran relevancia para la ciudad, desde el punto de vista ecológico y turístico o económico. Todo lo anterior demuestra que las condiciones microbiológicas de “El Laguito” son estables, ya que los morfotipos encontrados son similares a los reportados por otros estudios microbiológicas, sin embargo, hasta no realizar la identificación hasta especie, no podemos determinar la calidad de agua de este ecosistema lagunar.

ABSTRACT

The lagoon ecosystem "El Laguito" (Cartagena, Bolívar) is an area of the Colombian Caribbean that in recent years has presented different events of fish mortality, the causes of which have not yet been precisely determined. This lagoon body is apparently contaminated by domestic wastewater, and the closure of its mouth is due to the high sedimentation caused by the artificial spur built more than 50 years ago, which has caused the death of fish periodically, high values of organic matter and poor water circulation. Therefore, this study has the objective of analyzing physicochemically and microbiologically the water of the lagoon body, to determine which infectious agents may be one of the causes of said mortality. Four samplings were carried out, two in the rainy season and two during the dry season, water samples were taken at four stations located throughout El Laguito, which were stored and taken to the University of Sinú for subsequent cultivation in the laboratory. Salinity, temperature, dissolved oxygen and pH were taken *in situ*. In order to identify the different microorganisms present in the water samples, five types of agars were used (Cetrimide, Chromocult, EMB, Blood and TCBS). To carry out the microbiological culture of the samples, 50 µL were taken from each vial, which were seeded using the massive scanning technique and incubated for a period of 24-48 hours at 36°C. Post-culture techniques, such as morphocultural analysis and Gram staining, were used to define morphotypes. The parameters were taken throughout the four months, showing differences between both seasons, rainy (November and December - 2020) and dry (April and May - 2021), registering an increase in water temperature in the dry season, as well as, a decrease in the parameters of pH, salinity and dissolved oxygen, with respect to the rainy season. The average values were $30.2^{\circ}\text{C} \pm 2,19$ for the temperature; $7.7 \pm 0,646$ for the pH; $28.9 \pm 3,60$ for the salinity; and $6.6 \pm 1,015$ for the dissolved oxygen. A total of 26 unique morphotypes were found on five different agars: 7 on Blood Agar (4 were exclusive to the rainy season); 5 in TCBS (3 were exclusive to the dry season and 1 to the rainy season); three in EMB (2 were exclusive to the rainy season); 8 on Chromocult (6 were present at both weather epochs); and 3 in Cetrimida (2 were exclusive to the dry season). It was found that in general, more than half of the morphotypes are shared between both climatic seasons (58%), and each one of them has seven exclusive morphotypes. In addition, it was observed how some agars had greater

growth at certain sampling times, determining that in the dry season Blood and EMB agars presented a high number of unique strains of the season, a similar case with Chromocult and Cetrimide in rainy season cultures. Despite not achieving identification to species in this study, it was possible to observe that the different culture media allowed the incubation of an important variety of microorganisms, mostly gram-negative, and the morphological characteristics of these microorganisms are described in detail. the morphotypes found in this body of water that has great relevance for the city, from the ecological and tourist or economic point of view. All of the above shows that the microbiological conditions of "El Laguito" are stable, since the morphotypes found are similar to those reported by other microbiological studies, however, until the identification is made to species, we cannot determine the water quality of this lagoon ecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, los ríos y mares reciben y transportan cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre, por tal razón los estudios microbiológicos y la determinación de la calidad del agua son importantes (Invemar, 2001)..

Los efluentes líquidos que impactan los cuerpos de agua en Colombia tienen mayor aporte de contaminantes, los cuales incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y del uso, siendo necesario un monitoreo y control constante que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales, especialmente en la salud humana (Ideam, 2020), tales como: malos olores del ambiente y crecimiento de microorganismos patógenos, entre otros.

De las ciudades costeras de Colombia, Cartagena de Indias ha sido el lugar turístico y de negocios por excelencia, tanto de empresarios como de familias colombianas y extranjeras para reuniones de negocios, congresos, cumbres o, simplemente para pasar unas vacaciones tranquilas, con paisajes extraordinarios, su mar, su historia y su gente. Por esto, entre los cuerpos de agua que conforman la ciudad, está el ecosistema lagunar “El Laguito”, el cual es una zona que en los últimos años ha presentado diferentes eventos de mortandad de peces, así como se ha visto en otras zonas del Caribe colombiano (p.e. Fundación, Aracataca, Manzanares, río Magdalena, Tasajera, Ciénaga, Bahía de Cartagena) cuyas causas generalmente son la disminución del oxígeno disuelto, el afloramiento de microalgas y el aumento en la temperatura del agua, por lo tanto, este estudio tiene como objetivo realizar un análisis microbiológico y fisicoquímico para determinar la calidad actual del agua de ese ecosistema lagunar.

2. JUSTIFICACIÓN

El ecosistema lagunar El Laguito es una zona urbana de Cartagena (Bolívar) que ha tenido varias problemáticas en las últimas décadas, dadas principalmente por la sedimentación de sus canales de comunicación con el mar, el desarrollo urbanístico, la contaminación del agua y la mortandad de peces, entre otras.

En primer lugar, la sedimentación de sus canales interrumpió la conexión que tenía este ecosistema lagunar con el mar Caribe desde hace 50 años, y esto influyó notablemente en la decadencia del sector, lo cual generó que una alteración de la calidad del agua por la contaminación con patógenos microbiológicos (Universidad del Sinú, 2019).

En segundo lugar, uno de los principales problemas, es el desarrollo no controlado de la infraestructura costera, lo que genera cambios relacionados con las actividades antropogénicas que se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico (Cañón-Páez, 2007).

Y finalmente, la mortandad de peces que se ha reportado en los últimos diez años, se asocia a la disminución del oxígeno disuelto por el bajo intercambio de corrientes, el vertimiento de aguas domésticas y basuras, y el uso inadecuado de los ecosistemas, entre otros, desencadenando alteraciones en la microbiota, incrementando los patógenos y organismos con alto consumo de oxígeno, y aumentando los indicadores de contaminación fecal. Estas mortandades también generan una acumulación de materia orgánica en descomposición (peces muertos) e incrementan las alteraciones en la cadena trófica acuática.

Reportes periodísticos señalan que desde que se realizó el primer reporte de mortandad de peces en ciertos sectores del complejo lagunar El Laguito (en el 2001, hace 20 años) y otras áreas costeras de Cartagena, se ha evidenciado una intervención de la comunidad local para eliminar los bloqueos que impedían la recirculación de agua, con el fin de oxigenarla, y así, mitigar los problemas relacionados por esto (El Universal, en línea). Asimismo, Bossio (2016) señala que autoridades como la Asociación de Administradores de Copropiedades y Condominios de Cartagena (AACC) y el Ministerio del Ambiente

resaltan la importancia de realizar estudios en este cuerpo de agua, los cuales son fundamentales para la conservación ecosistémica.

Es por esto que la Universidad del Sinú y la Escuela de Biología Marina han enfocado el presente trabajo en el análisis de las variables fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial de El Laguito, con el fin de detectar las variaciones en dichas variables que puedan asociarse con la muerte de peces en la zona, proponiendo, en un corto plazo, medidas de conservación y acciones de co-manejo de ese ecosistema lagunar.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEORICO

Desde hace algunas décadas se han identificado diferentes causas que generan la pésima calidad del agua (Rosas, 1992; Cañón-Páez, 2007) y su abundancia en coliformes, y otros microorganismos patógenos presentes en el cuerpo de agua, ya sea de manera natural, o por las altas descargas de aguas residuales sin tratar. Esto ha generado una problemática que afecta a los habitantes de la zona desde un punto de vista estético hasta encontrarse diferentes casos de mortandad de peces en los años.

Castro (1995) describió como posible causa de alteraciones a nivel de la salud de la flora y fauna de los ecosistemas marinos, la proliferación de bacterias patógenas, haciendo énfasis en la problemática dada en el sector del Laguito y Castillogrande, junto a la Capitanía de Puerto de Cartagena, a través del monitoreo de aguas superficiales, tratando de cubrir las diferentes épocas climáticas en estaciones de muestreo que se establecen para el efecto, buscando determinar los lugares más críticos.

Investigaciones como las presentadas por Cañón *et al.* (2007), Fonturbel (2007) Y Barrera-Escorcía *et al.* (2013) evidencian la relevancia de generar un análisis desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico, que permite dar un diagnóstico sobre los

microorganismos presentes en los cuerpos de agua de escogidos en el presente estudio y dan ese aporte significativo hacia la restauración de los ecosistemas.

3.2. ESTADO DEL ARTE

De acuerdo con Porras (2019), el cuerpo lagunar de El Laguito tiene efluentes líquidos altamente contaminados provenientes del sistema lagunar interno, así como, de la Bocana estabilizada. Además, es el depósito final de más del 50% del agua servida no tratada de la ciudad de Cartagena. Así lo confirma un estudio del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – INVEMAR, que determinó las posibles causas de la primera mortandad de peces ocurrida en este cuerpo de agua el 17 de agosto del mismo año (Invemar, 2001). El informe se dio a conocer luego de una visita hacia la zona donde se midieron variables físico-químicas y recolección de muestras de aguas superficiales para análisis microbiológicos. De acuerdo con el estudio se encontró que el cuerpo de agua presenta elevadas cargas de materia orgánica y altas concentraciones de ortofosfatos y clorofila, las cuales son condiciones que indican contaminación por aguas residuales domésticas vertidas en la zona. Además, concluyeron que otro factor influyente fue la sedimentación presente en la boca natural de la zona, para interconectarse con el mar, así como, las altas cargas de materia orgánica, lo cual generan aumento en biomasa de la microbiota contaminante, hipoxia y anoxia (Invemar, 2001).

Por otro lado, estudios hechos por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas -CIOH nos indican que una de las causas de la calidad de agua en cuerpos con características similares es por la contaminación bacteriana, afirmación soportada por Tuchkovenko y Rendón (2002), quienes describen en su investigación realizada en estaciones en la Bahía de Cartagena durante el periodo entre 1999-2000. Los valores más altos por ellos fueron reportados durante la época de transición y la época de lluvias, registrando en la bahía interna, una concentración alta de coliformes fecales, superando los rangos establecidos por la normatividad, y registrando una correlación entre la

contaminación bacteriana y la precipitación lluviosa en el área. Sin embargo, en los periodos secos y transitorios del año, el grado de contenido de los coliformes fecales en las aguas de la bahía, sobrepasa muchas veces los límites permitidos (Tabla 1). Los resultados de las investigaciones de la contaminación de las aguas de la Bahía de Cartagena por bacterias Coliformes prueban que su principal fuente son las aguas de desagüe doméstico de la ciudad. Por ello en el transcurso de todo el año, en la cuenca de la bahía interna se observa un nivel de contaminación que sobrepasa los límites permitidos.

Tabla 1. Normas Colombianas para aguas destinadas a la recreación (Decreto 1594 de 1984)

Parámetro	Recreación contacto Primario	Recreación contacto Secundario
Coliformes Fecales (NMP)	200/100 ml	—
Coliformes Totales (NMP)	1000/100 ml	5000/100 ml
Compuestos fenólicos (mg/L)	0.002	—
Oxígeno Disuelto (mg/L)	70% saturación ¹	70% saturación

En otro estudio del CIOH y la Capitanía de Puerto de Cartagena debido a los problemas de contaminación de tipo microbiológica que se presentan periódicamente en la bahía de Cartagena, especialmente en el sector del Laguito y Castillogrande, se vieron en la necesidad de hacer un monitoreo de aguas, tratando de abarcar las diferentes épocas climáticas del año.

Asimismo, Castro (1995) fijan estaciones de muestreo para determinar cuál es la época y los lugares más críticos, así como, la evolución del fenómeno en el tiempo. Dicha evaluación se realizó con monitoreos mensuales a partir del mes de agosto (época lluviosa) hasta el mes de enero del siguiente año (época seca), en cinco estaciones localizadas en El Laguito y la zona de playas de Castillogrande. Para cada uno de los monitoreos se efectuó el conteo total de colonias y el número más probable de coliformes,

al igual que los análisis fisicoquímicos, tales como salinidad, sólidos suspendidos, nutrientes, DB0 y oxígeno disuelto, entre otros. Dentro de los resultados más importantes se encontró que la estación de muestreo más crítica durante casi todo el año, en cuanto a la calidad del agua se refiere, es la de El Laguito, ya que sus niveles tanto de coliformes como de nutrientes, siempre indicaron la presencia de aguas negras o aguas residuales, es decir, que es un área con restricciones para aguas de uso de recreación primaria y secundaria (Cañón Páez *et al.*, 2007).

El grado de contaminación de un cuerpo de agua como la Bahía de Cartagena, está directamente relacionado con la dinámica existente en el área. Las conclusiones de varios estudios elaborados a través de los años, son coincidentes en afirmar que la contaminación se presenta en cuatro formas críticas en esta zona: vertimientos de aguas negras; alcantarillado sanitario y basuras; aportes provenientes del Canal del Dique y descargas industriales y vertimientos de hidrocarburos en sus diferentes formas y transporte. De estas, la más preocupante por sus repercusiones sobre la comunidad es la que se refiere al vertimiento de aguas negras descargadas directamente y las basuras, las cuales generan el afloramiento de coliformes (Rosas, 1992).

Finalmente, Cañón-Páez (2007) reportó valores de Coliformes totales, *E. coli* y de *Enterococos* intestinales por encima de los límites permisibles establecidos por la OMI/2004, razón por la cual no se recomienda la toma de lastre en ningún punto de la Bahía de Cartagena.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El Laguito está ubicado en un privilegiado sector urbano, de hoteles y comercio de Cartagena que producen grandes contaminantes antropogénicos causando el deterioro del estado actual de El Laguito (Cartagena, Bolívar) afectando el desarrollo de las especies

marinas y posiblemente la sequía de este sistema lagunar, este fenómeno también puede ser ocasionado por patógenos microbiológicos (Cañón-Páez, 2007).

El grado de contaminación de un cuerpo de agua como la Bahía de Cartagena, está directamente relacionado con la dinámica existente en el área turística en esa zona produciendo algunos agentes microbiológicos y físico-químicos (Cañón-Páez, 2007).

4.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Laguito es considerado por varios estudios, como un cuerpo de agua contaminado por aguas residuales, lo cual ha ocasionado la mortandad de peces en épocas secas, y se explican por las altas cargas de materia orgánica y la escasa circulación del agua debido al taponamiento de sus canales. Esos datos fueron registrados por Castro (1995) y Tuchkovenko y Rendón (2002), quienes afirman que El Laguito, y en general, la bahía de Cartagena poseen una situación crítica respecto a su calidad del agua en las épocas de transición y de lluvias, debido a las aguas negras y residuos sin tratamiento que llegan directo a los cuerpos de agua, que sumado a la pérdida de oxígeno, descenso en la salinidad y aumento en los nitritos, nitratos y ortofosfatos, pueden generar el aumento de bacterias presentes en el agua (Invemar, 2001; Cañón-Páez, 2007). En época seca es peor, pues el aumento de coliformes es exponencial y superan los niveles permitidos, creando así, una problemática en los 12 meses del año, que ha persistido en las últimas décadas.

4.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las condiciones microbiológicas y físico-químicas de “El Laguito” (Cartagena, Bolívar) en las diferentes épocas climáticas?

4.4. ALCANCE

Esta investigación tiene como fin realizar un estudio que describa la calidad microbiológica del ecosistema lagunar “El Laguito” (Cartagena, Bolívar) con el fin de identificar aquellos microorganismos presentes en el cuerpo hídrico y presentar los datos obtenidos a las entidades gubernamentales y ambientales con el propósito de generar acciones que permitan la conservación de este ambiente, los organismos que habitan ahí y mejorar las condiciones organolépticas de un cuerpo de agua de gran relevancia para las actividades económicas y turísticas que se desarrollan en el lugar y alrededor del mismo.

4.5. OBJETIVOS

4.5.1. Objetivo General

Determinar las condiciones fisicoquímicas y microbianas asociadas al deterioro de la calidad el agua del sistema lagunar “El Laguito” (Cartagena, Bolívar), así como, los factores naturales y antropogénicos que afectan la biodiversidad marina y costera en este cuerpo de agua.

4.5.2. Objetivos Específicos

- Definir los morfotipos microbianos asociados al cuerpo de agua del sistema lagunar “El Laguito” (Cartagena, Bolívar).
- Relacionar la proliferación microbiana de “El Laguito” con los focos de contaminación identificados, tanto naturales como antropogénicos.
- Establecer diferencias microbiológicas y fisicoquímicas entre las épocas climáticas.

5. HIPÓTESIS

El ecosistema lagunar “El Laguito” (Cartagena, Bolívar) presenta óptimas condiciones microbiológicas y fisicoquímicas en las diferentes épocas climáticas.

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de estudio

El sector “El Laguito”, ubicado a $10^{\circ}26'N$ - $10^{\circ}16'N$ y longitud $75^{\circ}30' W$ - $75^{\circ}36' W$ (Fig.1), tiene una de las playas más populares de la ciudad, con aguas tranquilas y un entorno relajado que atraen a las familias y a los amantes de los deportes acuáticos. Otra de las atracciones es el pequeño lago que se encuentra en el interior de la ciudad, rodeado de un sendero pavimentado popular. La escena gastronómica es informal y abarca todo tipo de locales frente al mar, además de las opciones hoteleras más modernas y lujosas que se encuentran en Bocagrande.

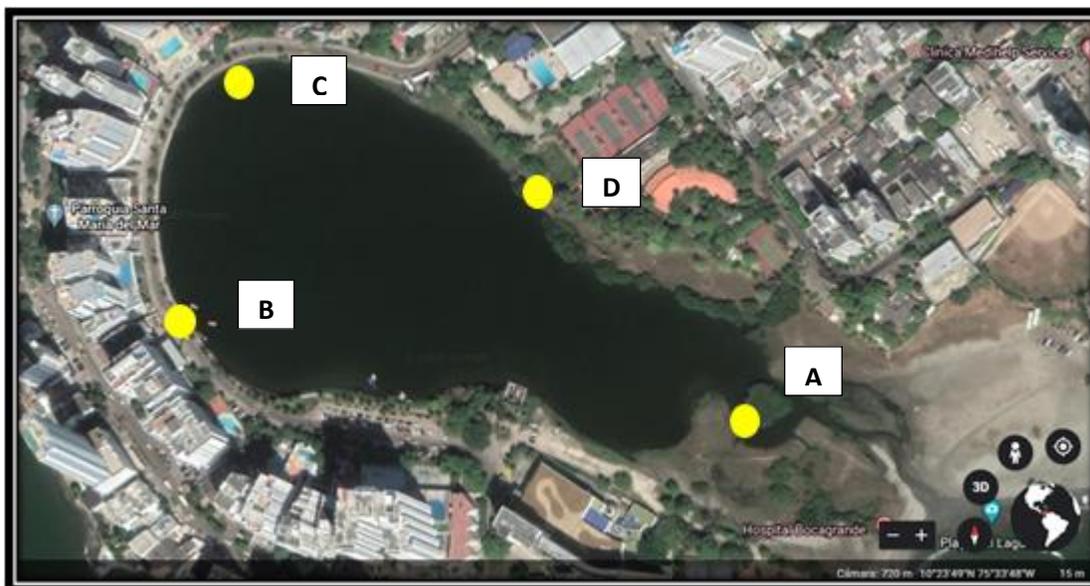


Figura 1. Área de estudio, Cuerpo de agua “El Laguito”. Las letras indican los cuatros puntos de muestreo: A) Punto 1; B) Punto 2; C) Punto 3; D) Punto 4. **Fuente:** Google Earth (2022).

A continuación, se presenta el diseño muestral del proyecto (Fig. 2).

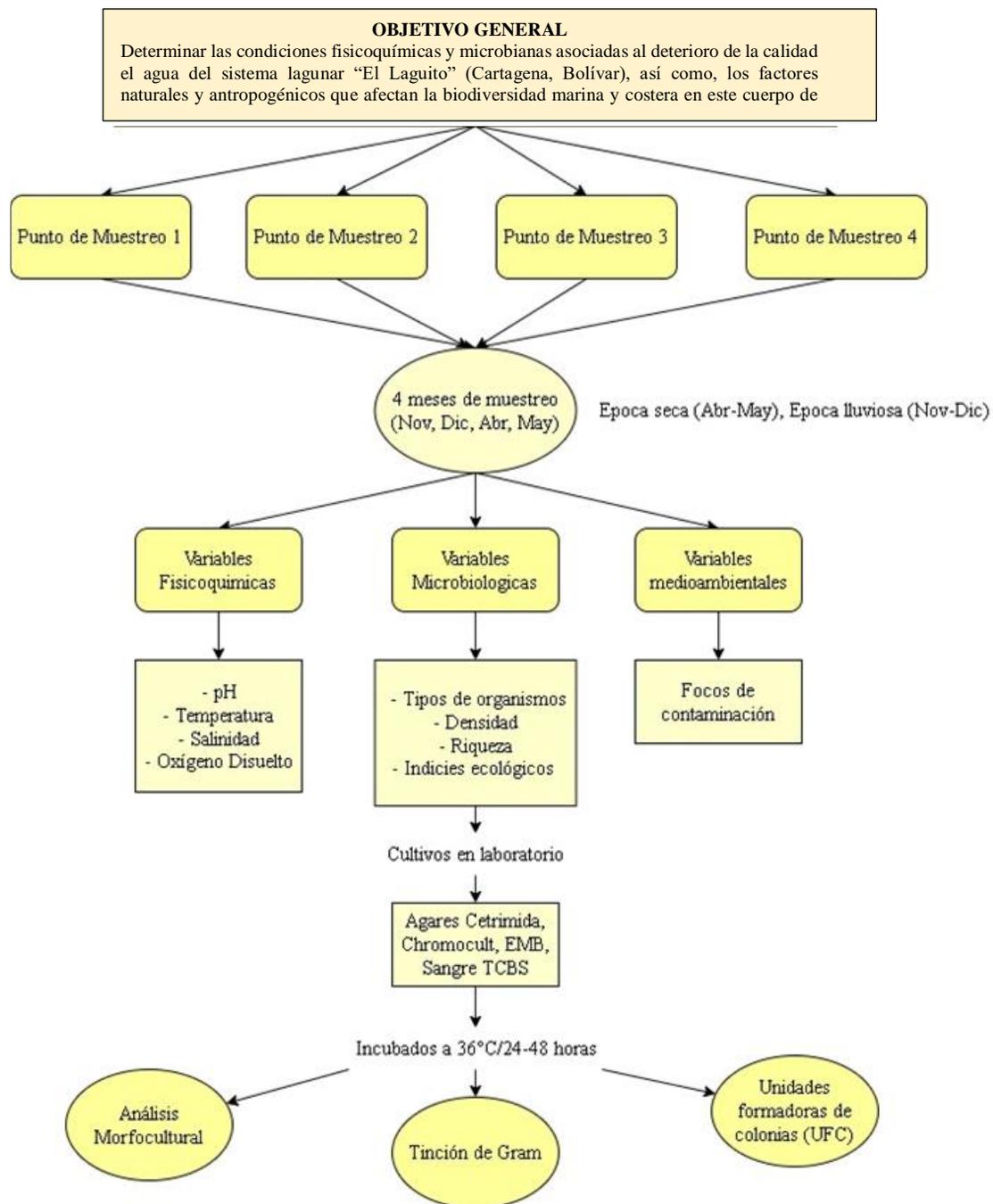


Figura 2. Diseño muestral del proyecto para describir la calidad de agua del sistema lagunar “El Laguito”

6.2. Recolección de muestras

Se tomaron muestras de agua en 4 puntos distintos del cuerpo lagunar el Laguito en Cartagena(Fig. 3). En las estaciones se almacenaron las muestras en tarros plásticos estériles de 500 ml, los cuales fueron llevados en neveras portátiles refrigeradas a las instalaciones de la Universidad del Sinú, para su posterior cultivo en laboratorio. Se registraron en campo como complemento a las muestras de agua, los valores de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH. Al tomar las muestras se purgaron los frascos y se tomó la muestra llenando el 75% de cada frasco.



Figura 3. Ecosistema Lagunar El Laguito: **A)** punto de muestreo N°1; **B)** punto de muestro N°2; **C)** punto de muestro N°3 y **D)** punto de muestro N°4.

6.3. Variables de estudio

Las variables abióticas y bióticas del presente estudio se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables de estudio medidas en el presente estudio.

Variables Fisicoquímicas	
Descripción	Unidad
pH	1 – 14
Temperatura	° C
Salinidad	UPS
Oxígeno Disuelto	ml/L o % Saturación
Variables Microbiológicas	
Descripción	Unidad
Tipos de organismos	Bacterias
	Hongos
Densidad	Número de organismo por mililitro
	Unidades formadoras de colonias (UFC)
Riqueza	Número de especies
Indicis ecológicos	Diversidad
	Uniformidad
	Frecuencia

6.4. Procedimientos en laboratorio

Con el fin de identificar los diferentes microorganismos presentes en la muestra de agua, se emplearon cinco tipos de agares (Cetrimide, Chromocult, EMB, Sangre y TCBS) Marca Scharlau. Al iniciar, los frascos se agitaron ligeramente y se tomaron 50 μ L de cada muestra, los cuales se sembraron, utilizando la técnica de barrido masivo y se incubaron por un periodo de 24-48 horas a 36°C. Se utilizaron además técnicas posteriores a los cultivos, tales como como Análisis morfocultural, Tinción de Gram y Conteo de unidades formadoras de colonias o UFC para generar una correcta caracterización.

6.4.1. Medios de Cultivo

La gran mayoría de agares son de marca Scharlau.

- ✓ **Cetrimide:** Permite el crecimiento selectivo de *Pseudomonas aeruginosa* y estimula la formación de pigmentos, aunque inhibe también algunas especies de *Pseudomonas* spp.
- ✓ **Chromocult:** Medio de cultivo selectivo y diferencial para la detección de coliformes totales en muestras de agua, *E. coli* se observa de color azul mientras que el género *Citrobacter* sp. se puede observar en tonos rosados o púrpuras.
- ✓ **EMB:** *Eosin Methylene Blue Agar*, es un medio selectivo para cultivo de Bacilos Gram negativos, principalmente especies de bacterias pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, la coloración permite determinar algunos microorganismos como *E.coli* y *Citrobacter* sp. (brillo metálico), *Acinetobacter* sp. (azul lavanda) y bacterias que utilicen lactosa (Borde azul o rosado), entre otros.
- ✓ **Sangre:** Medio de cultivo nutritivo o generalista que permite el crecimiento de numerosos microorganismos nutricionalmente exigentes, los cuales pueden ser identificados por los tres tipos de hemólisis sobre el agar: a) Hemólisis alfa, se observa un color verdoso alrededor de la colonia debido a la oxidación de la hemoglobina a metahemoglobina; b) Hemólisis beta o lisis total de los glóbulos rojos, se observa un tono claro-brillante alrededor de la colonia; y c) Hemólisis gamma, ausencia de lisis de los glóbulos rojos, donde el medio de cultivo no presenta modificaciones de color y aspecto.
- ✓ **TCBS:** Es un medio altamente selectivo para *Vibrio* spp., por su contenido de sales biliares, inhibe el crecimiento de las bacterias Gram positivas y otros Gram negativos. Además, contiene sucrosa (sacarosa) como carbohidrato fermentable debido a que la mayoría de integrantes del género *Vibrio* fermenta este azúcar.

6.4.2. Características morfológicas (macroscópicas y microscópicas):

La morfología bacteriana es un parámetro importante al momento de identificar las colonias obtenidas en los cultivos donde cada género posee sus características particulares, tales como: forma, tamaño, cromogénesis, opacidad, elevación, superficie, bordes y consistencia, entre otras, las cuales deben ser analizadas al momento de retirar los cultivos finalizando el periodo de incubación, ya que estas características tienden a cambiar con el tiempo (tiempo de incubación extra, refrigeración y contaminación) (Rojas, 2011).

6.4.3. Tinción de Gram:

Coloración ampliamente utilizada para identificar bacterias en su morfología microscópica (bacilos, cocos, cocobacilos, espirilos) y sus tipos (Gram-positivos y Gram-negativos) por medio de tinción con diferentes reactivos (Marca Sharlau) y usando un microscopio estándar (Marca Nikon). Se realizó esta prueba y pasado el tiempo de incubación de los medios, se llevó a cabo el proceso en las colonias de interés obtenidas en los medios bajo el siguiente procedimiento:

1. Se tomó la colonia por medio de un asa plástica o metálica previamente esterilizada al mechero.
2. Se extendió sobre un portaobjetos y se dejó secar.
3. Se aplicó los diferentes reactivos o tintes, Cristal Violeta por 60 segundos, Lugol por 60 segundos, Acetona por 15-30 segundos y fuscina por 45 segundos, enjuagando suavemente las placas entre un reactivo y otro y dejando secar.
4. Observación al microscopio, dividiendo en Grampositivas a aquellas colonias que se observen de color púrpura y Gramnegativas a aquellas que se observen de color rosa.

6.4.4. Recuento total de bacterias o Unidades formadoras de colonias (UFC)

Siguiendo la metodología propuesta por Sánchez *et al* (2017) se tiene que:

1. Preparar diluciones 1/10, 1/100, 1/1000 y 1/10.000,
2. Sembrar 0,5 ml de la muestra original y 0,5 ml de las diluciones anteriormente preparadas en placas de agar. Generalmente, es preferible usar las dos o tres últimas diluciones. También, se puede utilizar volúmenes de inóculos más pequeños (0,2 ml).
3. Incubar las cajas invertidas, a 37 °C durante 24 horas y a 22°C durante 48 horas.

6.5. Análisis de datos

- ✓ Análisis estadísticos descriptivos de los parámetros físico-químicos relacionados con la composición de especies microbiológicas.
- ✓ Análisis de la composición microbiológica relacionándolos con los focos de contaminación (tanto naturales como antropogénicos).

6 RESULTADOS

6.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los parámetros fisicoquímicos se evaluaron a lo largo de los cuatro meses, arrojando diferencias entre ambas épocas, lluviosa (noviembre y diciembre 2020) y seca (abril y mayo 2021), observado un aumento en la temperatura del agua en la época seca (32°C) y una disminución en los parámetros de pH, salinidad y oxígeno disuelto, igualmente en la época seca respecto a la época lluviosa (Fig. 4). Los valores promedios de los parámetros fisicoquímicos fueron 30.2°C ± 2,19 para la temperatura; 7.7 ± 0,646 para el pH; 28.9 ± 3,60 para la salinidad; y 6.6 ± 1,015 para el oxígeno disuelto (Tabla 2).

Tabla 2. Valores encontrados para los diferentes parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) tomados a lo largo del estudio. En abril no se tomaron datos de salinidad porque el equipo se dañó en campo.

	Temperatura (°C)	pH	Salinidad	Oxígeno disuelto
NOV_20_E1	29,1	8,1	25	6,9
NOV_20_E2	29,6	7,9	26	6,2
NOV_20_E3	28,6	8,2	28	6,7
NOV_20_E4	29,3	8,3	29	6,8
DIC_20_E1	28,4	7,9	32	8,1
DIC_20_E2	26,4	7,8	31	8
DIC_20_E3	27,6	8,3	36	7,9
DIC_20_E4	28,2	7,6	34	8,2
ABR_21_E1	30,3	6,5		5,4
ABR_21_E2	32,3	6,3		5,2
ABR_21_E3	32,5	6,8		5,9
ABR_21_E4	31,2	7,2		5,6
MAY_21_E1	32,4	8,2	28	5,8
MAY_21_E2	33,5	8	27	5,6
MAY_21_E3	31,2	7,9	26	6,7
MAY_21_E4	33,5	7,8	25	6,2

Tabla 2. Media de los valores encontrados para los diferentes parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) para las épocas lluviosa y seca, y a lo largo del estudio, con sus respectivas desviaciones estándar.

	Temperatura	pH	Salinidad	OD
Época lluviosa	28,4 ± 1,03	8,0 ± 0,25	30,1 ± 3,83	7,3 ± 0,78
Época Seca	32,1 ± 1,14	7,3 ± 0,74	26,5 ± 1,29	5,8 ± 0,48
General	30,2 ± 2,19	7,7 ± 0,64	28,9 ± 3,60	6,6 ± 1,01

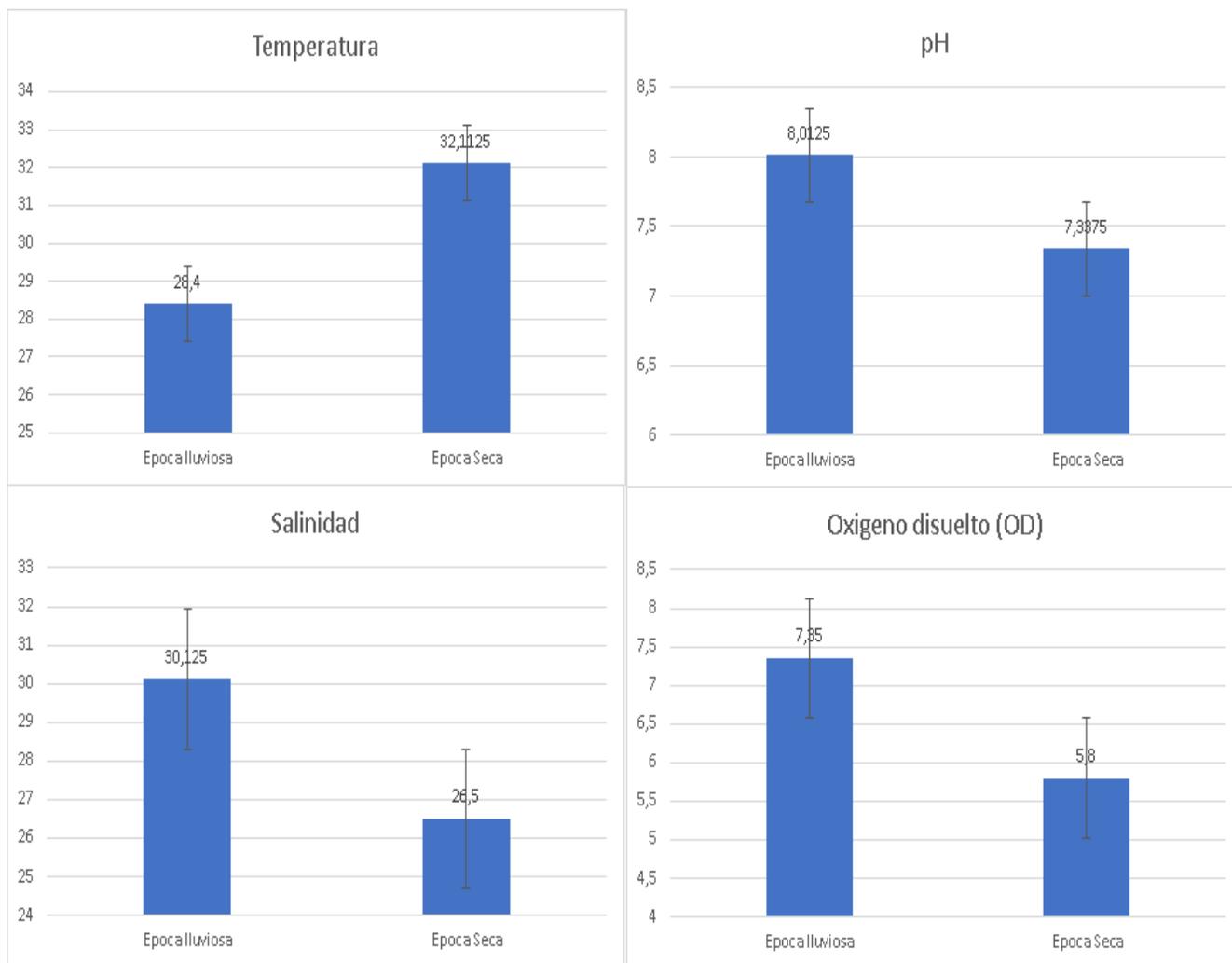


Figura 4. Media de los valores encontrados para los diferentes parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto) para las épocas lluviosa y seca, con sus respectivas desviaciones estándar.

6.2. MEDIOS DE CULTIVO MICROBIOLÓGICOS:

- **Agar Sangre:** a partir de 8 cultivos realizados (4 de la época lluviosa y 4 de la época seca) en agar sangre (Fig.5) se obtuvieron un total de 7 morfotipos únicos provenientes del medio, los cuales 4 fueron exclusivos de la época lluviosa (Tabla 4). La descripción de cada morfotipo se encuentra en el análisis morfo-cultural presentado en el siguiente ítem del presente documento.

Agar Sangre

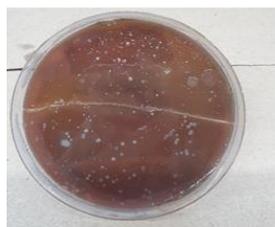
ZONA 1 y 2



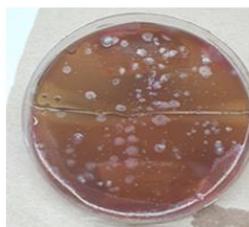
NOV/2020



DIC/2020



ABR/2021



MAY/2021

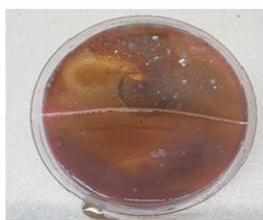
ZONA 3 y 4



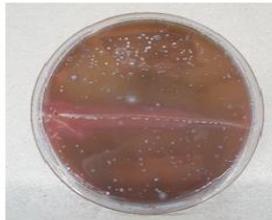
NOV/2020



DIC/2020



ABR/2021



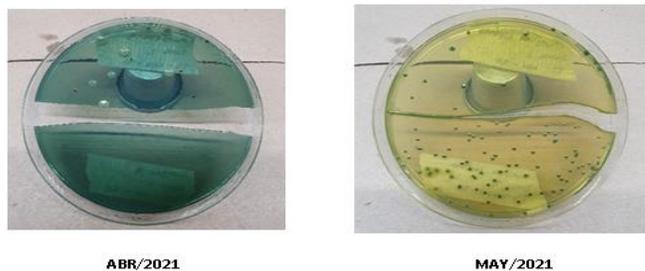
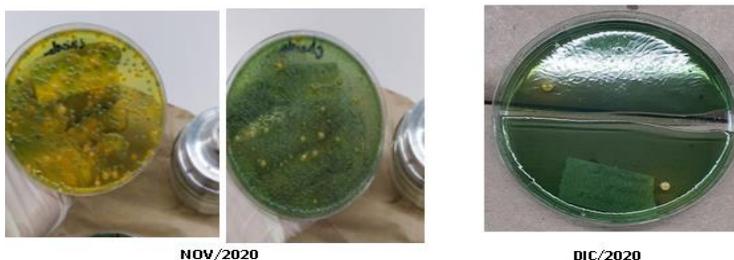
MAY/2021

Figura 5. Cultivos en cajas Petri de los muestreos y estaciones para agar Sangre

- Agar TCBS:** a partir de 8 cultivos realizados (4 de la época lluviosa y 4 de la época seca) en agar TCBS (Fig.6) se obtuvieron un total de 5 morfotipos únicos provenientes del medio, los cuales 3 fueron exclusivos de la época seca y 1 de época lluviosa (Tabla 4). La descripción de cada morfotipo se encuentra en el análisis morfo-cultural presentado en el siguiente ítem del presente documento.

Agar TCBS

ZONA 1 y 2



ZONA 3 y 4

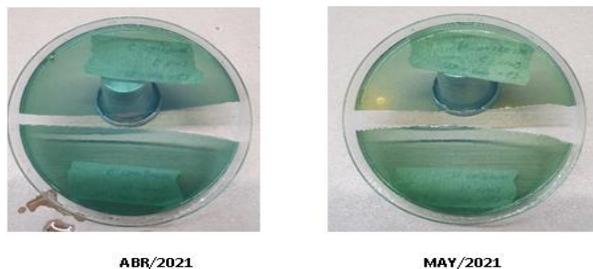


Figura 6. Cultivos en cajas Petri de los muestreos y estaciones para agar TCBS

- **Agar EMB:** a partir de 8 cultivos realizados (4 de la época lluviosa y 4 de la época seca) en agar EMB (Fig.7) se obtuvieron un total de 3 morfotipos únicos provenientes del medio, los cuales 2 fueron exclusivos de la época lluviosa (Tabla 4). La descripción de cada morfotipo se encuentra en el análisis morfo-cultural presentado en el siguiente ítem del presente documento.

Agar EMB

ZONA 1 y 2



NOV/2020



DIC/2020

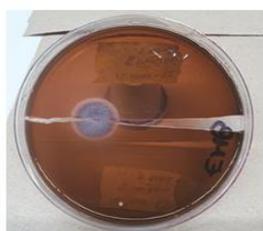


ABR/2021



MAY/2021

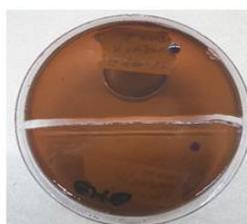
ZONA 3 y 4



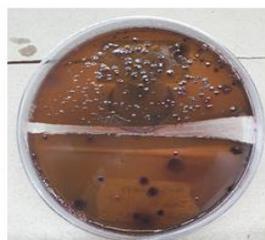
NOV/2020



DIC/2020



ABR/2021



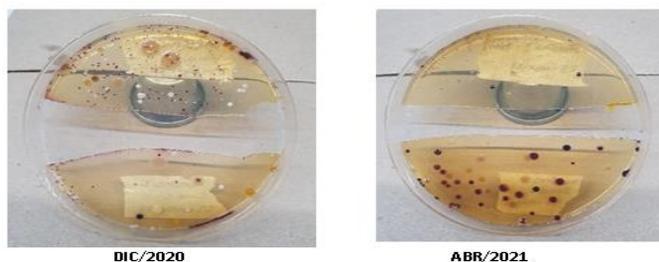
MAY/2021

Figura 7. Cultivos en cajas Petri de los muestreos y estaciones para agar EMB

- **Agar Chromocult:** a partir de 8 cultivos realizados (4 de la época lluviosa y 4 de la época seca) en agar Chromocult (Fig.8) se obtuvieron un total de 8 morfotipos únicos provenientes del medio, los cuales 6 estuvieron presentes en ambas épocas lluviosa y seca (Tabla 4). La descripción de cada morfotipo se encuentra en el análisis morfocultural presentado en el siguiente ítem del presente documento.

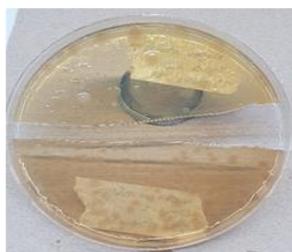
Agar Chromocult

ZONA 1 y 2



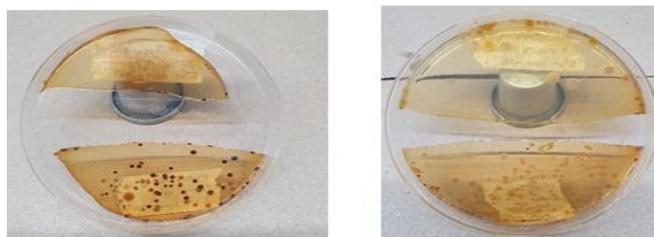
DIC/2020

ABR/2021



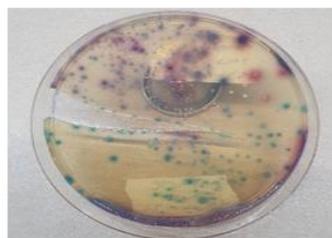
MAY/2021

ZONA 3 y 4



DIC/2020

ABR/2021



MAY/2021

Figura 8. Cultivos en cajas Petri de los muestreos y estaciones para agar Chromocult

- **Agar Cetrimida:** a partir de 8 cultivos realizados (4 de la época lluviosa y 4 de la época seca) en agar sangre (Fig.9) se obtuvieron un total de 3 morfotipos únicos provenientes del medio, los cuales 2 fueron exclusivos de la época seca (Tabla 4). La descripción de cada morfotipo se encuentra en el análisis morfo-cultural presentado en el siguiente ítem del presente documento.

Agar Cetrimida

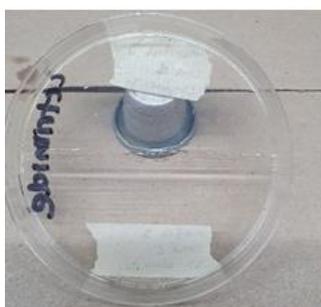
ZONA 1 y 2



NOV/2020



DIC/2020



ABR/2021



MAY/2021

ZONA 3 y 4



NOV/2020



DIC/2020

Figura 9. Cultivos en cajas Petri de los muestreos y estaciones para agar Cetrimida

Tabla 4. Descripción de los morfotipos encontrados durante los muestreos.

EPOCA SECA/M4	FORMA	TAMAÑO	CROMOGENESIS	OPACIDAD	ELEVACION	SUPERFICIE	BORDES	CONSISTENCIA
ZONA 1								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	crema	opaca	plana	mate	ondulado	viscosa
AGAR EMB								
AGAR CROMOCOULT	concentrica	pequeña	amarilla	opaca	plana	mate	ondulado	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 2								
AGAR SANGRE	redonda	mediana	blanca	opaca	elevada	lisa	entero	granulienta
AGAR EMB								
AGAR CROMOCOULT	concentrica	pequeña	amarilla	opaca	plana	mate	ondulado	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 3								
AGAR SANGRE	redonda	mediana	crema	opaca	elevada	rugosa	entero	mantecosa
AGAR EMB								
AGAR CROMOCOULT	redonda	pequeña	amarilla	opaca	plana	mate	viscosa	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 4								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	crema	opaca	elevada	mate	entero	viscosa
AGAR EMB	concentrica	mediana	blanca	opaca	plana	lisa	ondulado	mantecosa
AGAR TCBS								
AGAR CROMOCOULT	redonda	mediana	amarilla	opaca	plana	mate	ondulado	viscosa
EPOCA SECA/M3								
ZONA 1								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	blanca	opaca	plana	mate	entero	viscosa
AGAR EMB	redonda	pequeña	crema	opaca	elevada	mate	entero	viscosa
AGAR CROMOCOULT	redonda	mediana	blanca	opaca	plana	lisa	entero	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 2								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	blanca	opaca	plana	mate	entero	viscosa
AGAR EMB	redonda	pequeña	crema	opaca	plana	mate	ondulado	viscosa
AGAR CROMOCOULT	redona	mediana	blanca	opaca	elevada	mate	entero	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 3								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	blanca	opaca	plana	lisa	entero	viscosa
AGAR EMB	redonda	mediana	crema	opaca	elevada	lisa	ondulado	viscosa
AGAR CROMOCOULT	redonda	pequeña	blanca	opaca	plana	mate	entero	viscosa
AGAR TCBS								
ZONA 4								
AGAR SANGRE	redonda	pequeña	blanca	opaca	elevada	mate	ondulado	viscosa
AGAR EMB	redonda	pequeña	blanca	opaca	plana	mate	entero	viscosa
AGAR TCBS								
AGAR CROMOCOULT	redonda	pequeña	crema	opaca	elevada	lisa	entero	viscosa

6.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS (MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS):

Se encontró un total de 26 morfotipos únicos en 5 agares diferentes, divididos en 7 morfotipos en agar Sangre, 3 en EMB, 3 en Cetrimida, 8 en Chromocult y 5 en TCBS (Tabla 5).

Tabla 5. Descripción de los morfotipos encontrados durante los muestreos en cada uno de los medios de cultivo y por épocas climáticas.

Código	Agar	Gram	Descripción	Época lluviosa	Época seca
Morf. 1	Sangre	B-	Irregular, blanco, mediano, lisa, elevado, ondulada, opaca y viscosa	4	5
Morf. 2		B-	Irregular, blanco, mediano, rugosa, elevado, ondulado, opaca y firme	1	1
Morf. 3		B-	Irregular, blanco, mediano, rugosa, umbilicada, erosionado, transparente y viscosa		1
Morf. 4		B-	irregular, transparente, grande lisa, plana, ondulado, transparente, viscosa		1
Morf. 5		B-	irregular, transparente, mediano, rugosa, umbilicada, ondulado, transparente, firme		1
Morf. 6		B-	filamentosa, transparente, mediano, rugosa, plana, filamentosa, transparente, seca		2
Morf. 7		B-	redonda, transparente, pequeño, lisa, plana, entero, transparente, firme	7	5
Morf. 8	EMB	B-	redonda, morada, mediana, lisa, elevada, entero, opaca, firme/viscosa	1	4
Morf. 9		B-	irregular, morada, mediana, anillos, elevada, ondulado, opaca, viscosa		1
Morf. 10		B-	redonda, rosa, pequeño, lisa, elevado, entero, opaca, firme		2
Morf. 11	Cetrimide	B-	Irregular, beige, mediano, lisa, elevado, entero, opaca, viscosa	2	
Morf. 12		B-	Irregular, transparente, grande, lisa, plana, ondulada, opaca, viscosa	2	
Morf. 13		B-	redonda, blanco, mediana, lisa, elevado, entero, opaca, firme	1	1

Morf. 14	Chromocult	C-	redonda, morada, pequeña, lisa, plana, entera, opaca y firme	3	2
Morf. 15		B-	redonda, blanca, mediano, lisa, elevada, entera, opaca y firme	2	5
Morf. 16		B-	redonda, azul, mediano, lisa, plana, entera, transparente y viscosa	1	3
Morf. 17		B-	redonda, purpura, pequeño, lisa, elevada, entera, opaca y firme	2	1
Morf. 18		B-	redonda, beige, mediano, lisa, elevada, entera, opaca y viscosa	1	4
Morf. 19		B+	Irregular, beige, mediano, rugosa, elevado, ondulada, opaca, firme	2	3
Morf. 20		B-	Irregular, beige, grande, lisa, umbilicado, ondulada, transparente, viscosa	1	
Morf. 21		C-	filamentosa, transparente, grande, lisa, elevada, lobulada, transparente, viscosa	1	
Morf. 22	TCBS	B-	redonda, amarillo, mediana, lisa, elevado, entero, opaca, firme	4	1
Morf. 23		B-	redonda, verde/azul, mediana, lisa, elevado, entero, opaca, firme	4	
Morf. 24		C-	redonda, verde, pequeña, lisa, elevado, entero, opaca, firme		3
Morf. 25		C-	redonda, verde, mediana, lisa, elevado, ondulada, opaca, firme	1	
Morf. 26		B-	concéntrica, amarillo, pequeña, lisa, elevado, entero, concéntrica, firme	2	

6.4. TINCIÓN DE GRAM

En el Anexo 2 se presentan las fotografías de todas las tinciones de Gram encontrados en las muestras del ecosistema lagunar El Laguito.

6.5. CONTEO DE COLONIAS

Como complemento a la diversidad se detalla a la vez la cantidad de colonias de cada uno de los morfotipos registrados (Tabla 4). Cabe mencionar que no se realizó un análisis de Unidades Formadores de Colonias (UFC) debido a la poca cantidad en la mayoría de los medios de cultivo (<30) o la gran cantidad de colonias en algunos otros (>300). Como no se realizaron diluciones y los datos encontrados fueron menores a 100, los valores son muy bajos para generar UFC.

Tabla 4. Numero de colonias registradas por morfotipo, por época, por muestreo y por medio de cultivo.

Morfotipos	Epoca lluviosa								Epoca Seca							
	Muestreo 1				Muestreo 2				Muestreo 3				Muestreo 4			
	SAN.1	SAN.2	SAN.3	SAN.4	SAN.1	SAN.2	SAN.3	SAN.4	SAN.1	SAN.2	SAN.3	SAN.4	SAN.1	SAN.2	SAN.3	SAN.4
Morf. 1	6	1		3		1			3	1			2	5	3	
Morf. 2							7				7					
Morf. 3												1				
Morf. 4								2								
Morf. 5													30			
Morf. 6													7	26		
Morf. 7	85	NC	83	46	NC	NC		26	NC	26			58	52	83	87
	EMB.1	EMB.2	EMB.3	EMB.4	EMB.1	EMB.2	EMB.3	EMB.4	EMB.1	EMB.2	EMB.3	EMB.4	EMB.1	EMB.2	EMB.3	EMB.4
Morf. 8								3			1				67	13
Morf. 9												1				
Morf. 10										1						1
	CET.1	CET.2	CET.3	CET.4	CET.1	CET.2	CET.3	CET.4	CET.1	CET.2	CET.3	CET.4	CET.1	CET.2	CET.3	CET.4
Morf. 11					9		28									
Morf. 12					1	18										
Morf. 13					3								1			
	CHR.1	CHR.2	CHR.3	CHR.4	CHR.1	CHR.2	CHR.3	CHR.4	CHR.1	CHR.2	CHR.3	CHR.4	CHR.1	CHR.2	CHR.3	CHR.4
Morf. 14					140	17		27		27					9	
Morf. 15					21	9			49	8			1	37	19	
Morf. 16								1							67	40
Morf. 17						1	11		3							
Morf. 18								24			10	19	33	111		
Morf. 19					7	3					7	9	4			
Morf. 20					4											
Morf. 21						4										
	TCBS.1	TCBS.2	TCBS.3	TCBS.4	TCBS.1	TCBS.2	TCBS.3	TCBS.4	TCBS.1	TCBS.2	TCBS.3	TCBS.4	TCBS.1	TCBS.2	TCBS.3	TCBS.4
Morf. 22	38	18	3	35											1	
Morf. 23	142	NC	NC	NC												
Morf. 24									13				11	83		
Morf. 25								2								
Morf. 26					1	1										

SAN: Agar sangre, **EMB:** Agar EMB, **CET:** Agar Cetrimida, **CHR:** Agar Chromocult, **TCBS:** Agar TCBS, **NC:** No contable o demasiadas colonias para ser contadas

6.6. ÉPOCA LLUVIOSA vs ÉPOCA SECA

Se encontró que en general, más de la mitad de los morfotipos están compartidos entre ambas épocas (58%) y cada época tiene siete morfotipos exclusivos (Fig. 10).

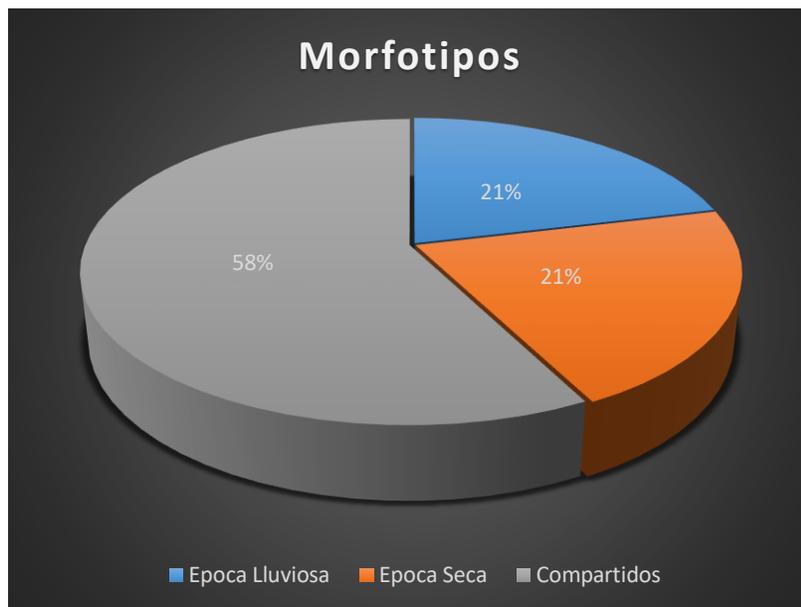


Figura 10. Porcentajes de Morfotipos compartidos y exclusivos de las épocas de muestreo.

Además, se observó cómo algunos agares tuvieron mayor crecimiento en ciertas épocas del muestreo, determinando que en la época seca agares Sangre y EMB presentaron un número alto de cepas únicas de la época, caso similar con Chromocult y Cetrinida en los cultivos de época lluviosa (Fig. 11).

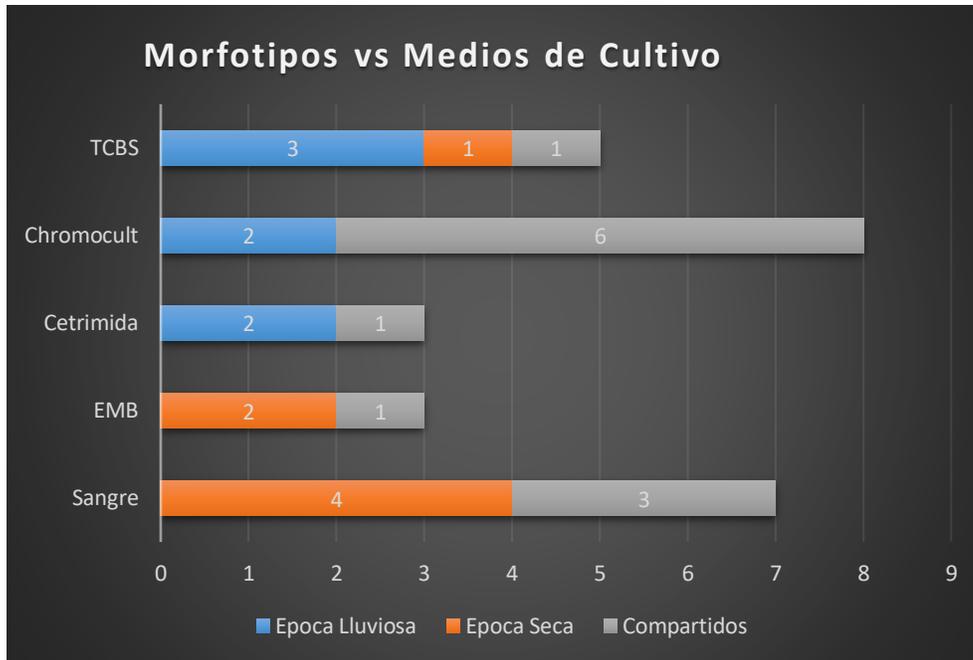


Figura 11. Comportamiento de los medios de cultivo en ambas épocas del muestreo.

7 DISCUSION

En la actualidad el agua es uno de los recursos naturales con mayor riesgo de contaminación, pues esta se da por diversas causas, trayendo como consecuencias: problemas de salubridad; alteración de la flora y fauna; y alta movilidad de poblaciones por la generación de enfermedades. Se conoce que, en nuestro país, el fenómeno de la contaminación se ha extendido vertiginosamente afectando diversas vertientes hidrográficas y cuerpos de agua marina.

Frecuentemente, las aguas residuales crudas o sin tratamiento se descargan por medio de emisarios cerca de las playas de recreo. Este es el caso de El Laguito (Cartagena) que presenta la desembocadura de varios emisarios submarinos dentro de la bahía, los cuales revierten sus aguas hacia el litoral en una época del año, generando problemas de tipo sanitario para la población local y turística (Castro, 1995).

En Cartagena existen fuentes que pueden representar un riesgo de contaminación para las aguas de recreo de contacto primario y secundario. Tales fuentes de contaminación son: contaminación industrial, específicamente en la Bahía; la zona industrial de Mamonal; el

Canal del Dique, por su aporte de residuos y sedimentación; contaminación por la actividad marítima y portuaria, y contaminación por descarga de aguas residuales domésticas.

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Invemar citó que la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de Tesca (o Ciénaga de la Virgen), están interconectadas por un canal y una serie de lagunas, las cuales se ven influenciadas por una contaminación alta de coliformes fecales como consecuencia de las descargas de aguas negras a través del alcantarillado sanitario de la ciudad, y de descargas que se hacen de forma directa, sin embargo, estos microorganismos no se midieron directamente en el presente estudio. De igual forma, la conjugación de las descargas y el régimen de circulación de corrientes de la Bahía y la Ciénaga, favorecen la permanencia de coliformes en niveles no permisibles en algunos sectores turísticos, como Castillogrande y El Laguito (Yepes, 2008), sin embargo, el presente estudio no tuvo este alcance por las pruebas microbiológicas realizadas.

De acuerdo con un análisis hecho por Cardique (2019), el lago tiene sobresaturación de oxígeno disuelto y se detectaron algunos metales, sin embargo, los valores de este parámetro en algunos puntos fueron relativamente bajos. Cardique concluyó que los resultados muestran que la problemática puede estar asociada a un déficit en el régimen hídrico, que puede tener un origen mixto y complejo, teniendo fuentes naturales (lluvias, propagación de algas y bacterias, entre otros) y antrópicas (cierre de la boca que comunica con el mar o vertimientos en el cuerpo de agua), lo cual se confirma con los resultados obtenidos en el presente estudio, dado que se evidencia un aumento significativo en el oxígeno disuelto en época seca, lo que sugiere un aumento en la biomasa por consumo de oxígeno, alterando las condiciones fisicoquímicas óptimas para mantenimiento del equilibrio ecosistémico natural.

Los parámetros fisicoquímicos medidos a lo largo de esta investigación evidenciaron diferencias entre ambas épocas, donde en época seca al aumentar la temperatura se presente un descenso de los demás parámetros, lo que es un comportamiento normal en estos cuerpos de agua (Blanco-Campo y Sierra-Salcedo, 2016).

Cabe destacar que el mes de diciembre 2020 (Muestreo 2) presentó los valores más altos en oxígeno disuelto, algo de esperarse debido al descenso de la temperatura, ya que en este mes, se registraron los valores más bajos en este parámetro; y también se midió un aumento importante en la salinidad, que posiblemente sea influenciada por una descarga inusual de residuos al cuerpo durante esa época. Aun así, los valores obtenidos para los cuatro parámetros fisicoquímicos no excedieron los límites dispuestos por la normativa vigente para los cuerpos de agua (Tabla 1) (Vivas-Aguas y Navarrete-Ramírez, 2014; Yepes, 2008).

Por otro lado, los morfotipos obtenidos y en complemento con la observación al microscopio de las colonias reflejan una presencia importante de bacterias gramnegativas, lo cual permite realizar un acercamiento a las posibles especies registradas con anterioridad. A pesar de establecer previamente 26 morfotipos diferentes, los análisis posteriores a los cultivos demostraron que es probable que sea menor el número de especies únicas definidas.

El fundamento de cada agar y su forma de determinar los grupos ya sea por su coloración y al momento de crecer las colonias, determinó que agares como Chromocult, EMB y Cetrimide puedan tener una relación estrecha por los microorganismos aislados, Cetrimide al no registrar un color verde azul descarta totalmente la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* el cual es su especie o grupo objetivo, sin embargo en algunos casos colonias de color amarillo claro o ligeramente incoloras demuestran la presencia de *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Proteus* y otros grupos.

El medio Chromocult registró un crecimiento de *E.coli* (color azul), coliformes totales (color rojo-purpura), y otras enterobacterias (blancas, beige o incoloras). El EMB gracias a su coloración en tono rosa o morado indica fermentación de lactosa o sacarosa, lo que establece la presencia de *Klebsiella* (rosa), y además, el color morado de EMB como los demás géneros y especies de bacterias registrados en estos tres agares se encuentran categorizadas en el grupo de las enterobacterias (Ríos-Tobón *et al.*, 2017).

En agar sangre el indicador diferenciador de colonias es el tipo de hemólisis que presentaron, en esta investigación, en donde se obtuvieron principalmente colonias hemólisis alfa (halo verde) y gamma (sin halo o color en el medio), lo que puede

representar la presencia de *Streptococcus* sp. y de *Enterococcus* sp. o *Klebsiella* sp., y otras enterobacterias, respectivamente.

Por último, el agar TCBS es un medio selectivo dirigido para el aislamiento de *Vibrio* spp., donde se observó dos coloraciones (amarillo y verde) con diferentes degradados, las colonias amarillas representan la presencia de *Vibrio cholerae*, mientras que, las diferentes escalas de verde o verde azuladas pueden ser indicadores de presencia de *V. parahaemolyticus*.

8 CONCLUSIONES

A pesar no lograr la identificación de los morfotipos hasta especies en este estudio, se pudo concluir que los medios de cultivo permitieron el análisis de una variedad importante de microorganismos, en su mayoría gram negativos. Se puede inferir que a nivel general, las condiciones microbiológicas de “El Laguito” han persistido en los años, pues los registros de los estudios mencionados hace décadas atrás junto con este estudio reporta un núcleo parecido de especies bacterianas.

Análisis posteriores deben realizarse con el propósito de generar un diagnóstico completo acerca de la calidad del agua de “EL Laguito”, esto incluye idealmente un monitoreo de un año donde se pueda apreciar los cambios en estas épocas (seca, transición y lluviosa) y lograr la identificación de las especies cultivadas, lo que puede crear un catálogo de microorganismos de soporte en caso de que nuevos eventos de mortandad de peces y otros organismos se produzcan.

Es importante a su vez trabajar en conjunto, entidades como el CIOH y universidades locales para buscar reunir la mayor cantidad de información posible y obtener resultados precisos, es importante analizar, no solo el ámbito microbiológico o fisicoquímico, sino también, analizar las comunidades planctónicas del lugar, y ponerle un control a la descarga de aguas residuales y otros desechos en este cuerpo de agua, para integrar este conjunto de iniciativas, seguramente, para mejorar las condiciones del lugar, e impulsar las oportunidades y alcance de cualquier actividad económica, sin dejar de un lado que este bienestar que se genere debe ser para ambas partes, las personas alrededor del cuerpo de agua y los organismos que lo habitan.

9 RECOMENDACIONES

Es de alta importancia mantener unas condiciones libres de cualquier fuente de contaminación en trabajos relacionados con muestras de agua o de carácter microbiológico, esto incluye el uso de guantes en la toma de muestras y en el laboratorio, en caso de no contar con una cabina de extracción, utilizar un número importante de mecheros además de los respectivos elementos de bioseguridad.

Al momento del cultivo agitar ligeramente la muestra antes de sembrar y de prioridad sembrar el mismo día que se recojan las muestras, esto evita la alteración de las propiedades del agua por el tiempo en refrigeración o por fuera de la misma. Para la caracterización de los microorganismos, el análisis morfocultural es una buena herramienta como apoyo en el proceso de identificación, sin embargo, al igual que en el sembrado, todo debe realizarse en un tiempo exacto, en este caso se debe realizar inmediatamente salgan los cultivos de la incubadora, 24 o 48 horas después, de esta manera se obtiene resultados precisos y de calidad. Cualquier crecimiento posterior a este tiempo de incubación, y en caso de refrigerarse, es considerado contaminación y no se debe tener en cuenta en los resultados.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, X. (2011). Aislamiento e identificación de hongos marinos del manglar de palmar-provincia de Santa Elena, y establecimiento del banco de cepas fúngicas. Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/19151/D-90828.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrera-Escocia, G., Fernández-Rendón, C. L., Wong-Chang, I., & Ramírez Romero, P. (2013). La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica*, 23(1), 87-96.
- Barreto, P. (2009). Procedimiento de muestreo de agua superficial. Huaraz: Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025. Obtenido de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/PROCEDIMIENTO_DE_MUESTREO_DE_AGUA_SUPERFICIAL.pdf
- Beltrán, A. S. (2010). Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias. Cartagena: COMFENALCO. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/DIAGNOSTICO-AMBIENTAL-CUERPOS-INTERNOS-.compressed.pdf>
- Blanco Campo, R. A., & Sierra Salcedo, J. R. (2016). Calidad de las aguas de las playas del sector turístico de Cartagena de Indias, Norte de Colombia.
- Bossio Arango, L. P., & Bohorquez Herrera, C. E. (2016). *Estado actual del turismo de bodas y su proyección en la ciudad de Cartagena* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Brito, D. R. (2016). Análisis físico-químico y microbiológico de la laguna grande, parroquia la Pica, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. Puerto La Cruz: Universidad de Oriente, Venezuela. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/saber/v28n3/art07.pdf>
- Buglass, L. (2011). *El Consorcio Ambiental Dominicano (CAD): una década de trabajo en red y desarrollando alianzas estratégicas para promover la conservación y la gestión participativa de los recursos naturales en la República Dominicana*. CANARI Reporte Técnico, No. 394. Laventille: Instituto Caribeño de Recursos Naturales (CANARI).
- Cañón Páez, M. L., Tous, G., López, K., López Osorio, R., & Orozco Quintero, F. J. (2007). Variación espaciotemporal de los componentes fisicoquímico, zoopláctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena.
- Castro, L. Á. (1995). Estudio de la contaminación microbiológica y su relación con los parámetros físico-químicos, en la Bahía de Cartagena (Sector Laguito-Castillogrande). *Boletín Científico CIOH*, (16), 73-90.

Caviedes, D. (2010). Aislamiento y selección de pseudomonas sp., y bacillus sp., promotoras del crecimiento vegetal en cultivo de uchuva (physalis peruviana l.) con actividad antagónica frente a fusarium oxysporum. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8628/tesis588.pdf?sequence=1>

Cázares, I. A. (2014). Análisis Microbiológico de la Calidad del Agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la Norma Oficial Mexicana Nom-127-SSA1-1994. Buenos Aires: Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Obtenido de file:///C:/Users/57302/Downloads/619.pdf

Chazi, N. (2019). Determinación de bacterias y hongos en las áreas de hospitalización, del Hospital Básico de Girón Aida León de Rodríguez Lara, Azuay 2018. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32277/1/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf>

Cochero Cermeño, R. (2011). Estructura de usos humanos de la zona costera de la bahía de Cartagena de Indias. Caso de estudio.

Coy, V. V. (2018). Identificación de hongos y bacterias asociados a fustes de melina (Gmelina arborea ROXB) en el departamento del Tolima, Colombia. Ciencias Naturales, 343-352. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v42n165/0370-3908-racefn-42-165-00343.pdf>

Daniels, P. M. (2009). Hongos de la Laguna de Zóñar y su entorno. Revista sobre las zonas húmedas, 117-124.

Devoz, G., & Vega, M. M. (2010). La competitividad de los servicios turísticos informales en Cartagena.

Díaz, B. E. (2011). Calidad físico-química y microbiológica del agua en parques acuáticos. Hidrobiológica, vol.21 no.1 México ene./abr. 2011. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972011000100005

Díaz-Solano, B. H., Esteller, M. V., & Garrido Hoyos, S. E. (2011). Calidad físico-química y microbiológica del agua en parques acuáticos. Hidrobiológica, 21(1), 49-62.

Donis, A. (2008). Importancia de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable del Municipio de Nueva Santa Rosa. Guatemala: Universidad de San Carlos. Obtenido de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapidos2008/INF-2008-009.pdf>

Fontúrbel Rada, F. (2004). Uso de algunos parámetros indicadores microbiológicos y bioquímicos para la evaluación de la contaminación por hidrocarburos y la biodegradación de los mismos, en la zona del lago Titikaka (San Pedro de Tiquina, Bolivia). Ecología aplicada, 3(1-2), 172-179

Fram, T. O. B., Yaber, L. S., & Núñez, G. S. (2014). La Cultura y el desarrollo sustentable en el barrio el laguito de la ciudad de cartagena de indias. *Revista Cultural Unilibre*, (1), 81-84.

Fuentes, M. (2015). Metabolismo de especies de hongos aisladas de la zona costera frente a Chile central: rol en procesos de respiración y asimilación de nutrientes. Concepción-Chile: Universidad de Concepción. Obtenido de http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1926/1/Tesis_Metabolismo_de_Especies_de_Hongos.Image.Marked.pdf

García, M. E., & López, P. (2005). Aguas residuales. composición. Línea). Consultado, 5.

García-Perez, J. F., Suarez, N. E. A., Abril, D. A., López, J. N., Pachón, D., & Moreno-Melo, V. (2020). Evaluación de la calidad del agua empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos en el Río Batán Cundinamarca entre julio y agosto de 2017. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 18-26.

Ghosh, K. P. (2015). Matrixassisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry for the rapid identification of yeasts causing bloodstream infections. *Clin Microbiol Infect.* , 21:372–8.

Gómez, L., Larduet, Y., & Abrahantes, N. (2001). Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 22(3), 191-197.

Kami M, M. U. (2002). Fungal Infections. Obtenido de <http://www.life-worldwide.org/esp/fungal-diseases/fungal-culture>

Koschelov, V. S., & Briedis, G. S. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río Cúpira (La Cumaca, estado Carabobo, Venezuela) mediante bioindicadores microbiológicos y parámetros fisicoquímicos. *Interciencia*, 38(7), 480-487.

Larrea, J., Rojas, M., Heydrich, M., Romeu, B., Rojas, N., & Lugo, D. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del Complejo Turístico Las Terrazas, Pinar del Río (Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 9, 492-504.

Lasquetty, F. (1965). Hongos contaminantes del ambiente en una zona Costera de Levante. Vinaroz.

López Olivares, D. (2011). Una aproximación al estado ambiental de carácter integrado de las playas turísticas del Caribe Medio Colombiano.

Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The ecology of mangroves. *Annual review of ecology and systematics*, 39-64.

Marín, F. M. (2010). Levaduras en aguas costeras del mar menor y desembocadura del Río Segura. Murcia: Universidad de Murcia.

Martín, I. U. (2016). Estudio para la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales de Cartagena para su descarga mediante emisario submarino en el Mar Caribe. Cartagena: Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1053&context=ing_ambiental_sanitaria

Méndez, C. C. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. Neiva: Secretaria de Educación Departamental del Huila. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v17n5/v17n5a07.pdf>

Molares, R., & Mestres, M. (2012). Efectos de la descarga estacional del Canal del Dique en el mecanismo de intercambio de aguas de una bahía semicerrada y micromareal: Bahía de Cartagena, Colombia. *Boletín Científico CIOH*, (30), 53-74.

Molleda, P. A. (2005). Análisis Microbiológico de las aguas residuales tratadas por un humedal artificial de tipo M.J.E.A.? en León. Murcia: Área de Ecología. Instituto de Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Biológicas Ambientales. Universidad de León. Obtenido de <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Conferencias%20y%20P%20F3sters/P-3%20Molleda%20P...pdf>

Morgenthaler, N. K. (2015). Rapid identification of pathogens in positive blood culture of patients with sepsis: Review and meta-analysis of the performance of the sepsityper kit. *Int J Microbiol.* (827416).

Moronta, J. R. (2016). Evaluación de la calidad físico-química de las aguas y sedimentos en la costa oriental del lago de Maracaibo. *Minería y Geología*, 102-111.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Mexico: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud. Obtenido de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>

Ocaña Bonifaz, E. P. (2015). Estudio microbiológico de las aguas termomedicinales del parque Acuático los Elenes, cantón Guano, provincia Chimborazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.).

Ortiz, J. T. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas, Región Amazonas. Perú: 6 Universidad Científica del Perú. Obtenido de <file:///C:/Users/57302/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFisicoquimicaYMicrobiologicaDeLasAg-5608573.pdf>

Panchana, H. (2009). Identificación De Hongos marinos en el Manglar de Palmar, Provincia de Santa Elena – Ecuador. Provincia de Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/821/1/TESIS%20PANCHANA%20%20TIRCIO%20HUMBERTO-%20%202011.pdf>

Peña, O. S., Rubalcaba, S. C., NOVO, M. F., RODRÍGUEZ, Y. H., & Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, 202-206.

Porras, Y. R. (20 de septiembre de 20 de septiembre de 2019). Aguas residuales estarían contaminando El Laguito. Obtenido de El Universal: <https://www.eluniversal.com.co/cartagena/aguas-residuales-podrian-contaminar-el-laguito-AH1768673>

Pulido, M. D. P. A., de Navia, S. L. Á., Torres, S. M. E., & Prieto, A. C. G. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69-79.

Ramos Nuñez, F. (2015). *Estudio de los daños del pavimento rígido en algunas calles de los Barrios Laguito, Castillogrande y Bocagrande en zonas freaticas altas en la ciudad de Cartagena* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos Microbianos e Indicadores Microbiológicos de calidad del agua para consumo humano/Microbial Pathogens and Microbiological Indicators of drinking water quality. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 1.

Rojas, N. S. (2010). Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/499/49913962005.pdf>

Rosas, J. U. (1992). Estado actual de la Bahía de Cartagena v/s contaminación. *Boletín científico CIOH* 10 (1992): 3-12.

Rossen, A., Rodriguez, M. I., Ruibal Conti, A. L., Fortunato, M. S., Bustamante, M. A., Ruiz, M., ... & Korol, S. (2007). Evaluación del estado sanitario del lago San Roque (Córdoba) empleando indicadores microbiológicos” 1.

Sánchez, M. C., Vergara, V., Polo, L. D. y Álvarez Aldana, A. (2017). Primer acercamiento del estudiante de microbiología a las técnicas de recuento en superficie, profundidad y cámara de Neubauer. 23 p.

SEP. (2018). Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de las Biología en Educación Secundaria. Plan de Estudios 2018, 1-48.

Steciow, M. (1998). Hongos Acuáticos (Chytridiomycota, Oomycota) De La Laguna Vitel Y Tributarios (Buenos Aires, Argentina). *Darwiniana*, 101-106.

Torres, D. (2011). Caracterización microbiológica del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ubicada en el campus de la Universidad Militar Nueva Granada – sede Cajicá. Bogotá: Universidad Militar de Nueva Granada. Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9344/TorresMartinezDarwinLeandro2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Tuchkovenko, Y. S., & Rendón, S. R. (2002). Estudio del Comportamiento de la Contaminación Bacteriana en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*, (20), 56-67.

Villasana, A. P. (2009). Evaluación fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de la degradación ambiental del río atoyac, México. *Interciencia*, v.34 n.12. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442009001200009&script=sci_arttext

Villegas, V. (2013). Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas masivamente en el Cantón Shushufindi, Provincia Sucumbíos variando las condiciones de almacenamiento. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1893/1/T-UCE-0008-25.pdf>

Vivas Aguas, L. J., & Navarrete Ramírez, S. M. (2014). Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAMPFF). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP).

Zamora, S. D. (2019). Evaluación de la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano. Barranquilla: Corporación Universidad de la Costa - CUC. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/5299/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20sanitaria%20del%20agua%20de%20las%20playas%20tur%C3%ADsticas%20del%20Caribe%20Norte%20Colombiano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO 1

GLOSARIO

Anoxia: El término anoxia, que tiene un origen latino, hace referencia a la carencia casi absoluta de oxígeno.

Aguas residuales: Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. Dentro de este concepto se incluyen aguas con diversos orígenes (García y López, 2005): - Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. - Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración. - Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales. - Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

Mortalidad: Tasa de muertes producidas en una población durante un tiempo dado, en general o por una causa determinada.

Hipoxia: o reducción de oxígeno, es un fenómeno que se presenta en ambientes acuáticos cuando la concentración de oxígeno disuelto en el agua (OD u O₂ molecular disuelto) disminuye hasta el punto que las condiciones son deprimentes para los organismos acuáticos que habitan el sistema.

Antropogénicos: los efectos que la actividad humana tiene en los diferentes ecosistemas (SEP, 2018).

Co-manejo: El **co-manejo**, llamado también **manejo** colaborativo, se basa en compartir formalmente las responsabilidades de **manejo** y control de los recursos naturales entre los involucrados y/o usuarios, cuyos roles y deberes están previamente clarificados y los intereses en común bien definidos. (Buglass, 2011)

Físico-químico: Para propósito de estudio se ha encontrado conveniente dividir en dos clases los fenómenos naturales: una consiste de los cambios de naturaleza aparentemente permanente, que involucra la transformación de una forma de materia en otra (química) mientras que en la segunda se incluyen cambios temporales, generalmente resultantes de una alteración de las condiciones externas (física)., Se ha dicho que la química trata de la combinación de los átomos y la física de las fuerzas existentes entre los átomos; obviamente, la combinación de átomos involucra también a las fuerzas atómicas y es uno de los objetivos de la Fisicoquímica ver qué tanto las interacciones químicas observadas entre los átomos y las moléculas puede interpretarse en términos de las fuerzas existentes dentro y entre los átomos. Uno de los objetivos de la Fisicoquímica es ser capaz de aplicar mediciones de propiedades físicas, tales como densidad, tensión superficial, índice de refracción, constante dieléctrica, magnetismo, actividad óptica, etc., a la elucidación de la estructura química, La Fisicoquímica también involucra el uso de la termodinámica, que trata de los cambios energéticos en las reacciones químicas y no le concierne el comportamiento detallado de átomos y moléculas.

Microbiológico: El criterio microbiológico para un alimento define la aceptabilidad de un producto o un lote de un alimento basada en la ausencia o presencia, o en la cantidad de microorganismos, incluidos parásitos, y/o en la cantidad de sus toxinas/metabolitos, por unidad o unidades de masa, volumen, superficie o lote. (FAO)

Tensores: Describe las acciones que retarde o restrinja el normal funcionamiento y desarrollo de las unidades biológicas (especies, poblaciones, comunidades o sistemas enteros). La tensión es la respuesta de un sistema al tensor (Lugo y Sneadaker, 1974).

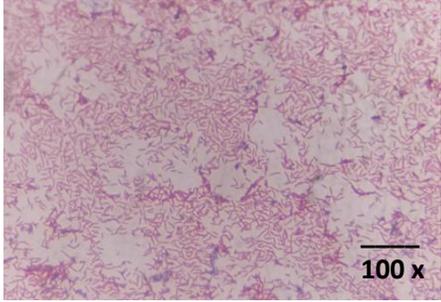
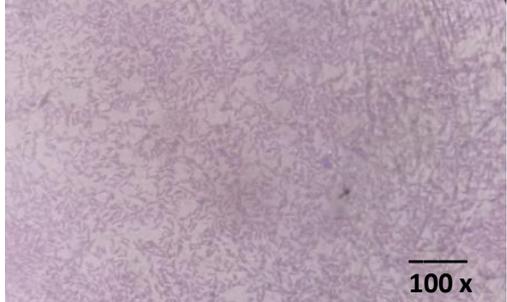
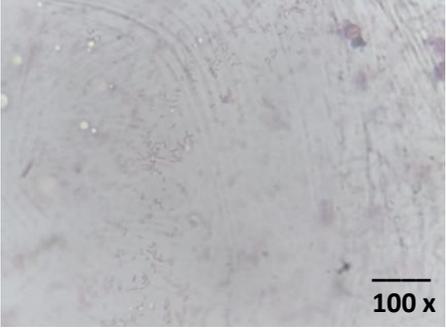
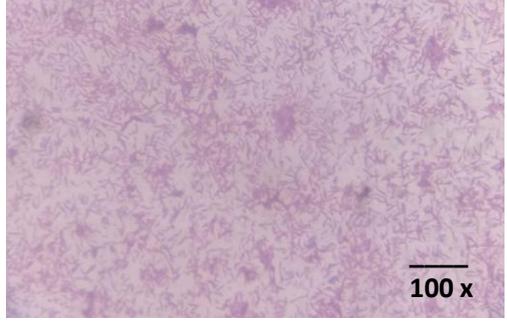
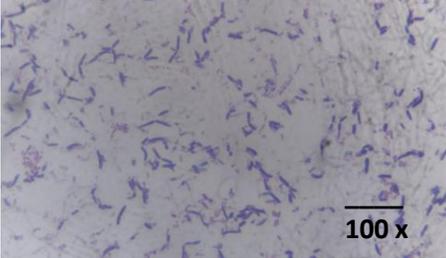
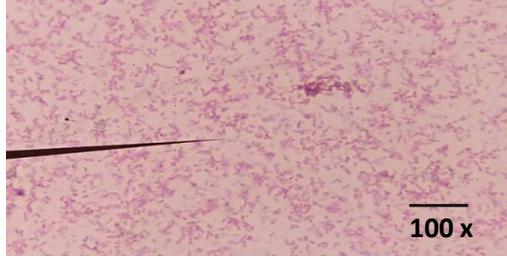
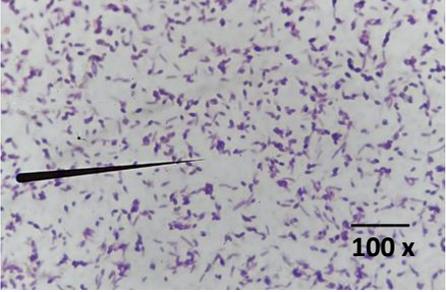
Coliformes: son un grupo de microorganismos que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en las plantas, también están presentes en los intestinos de animales y humanos (División de salud pública de carolina del norte, 2009)

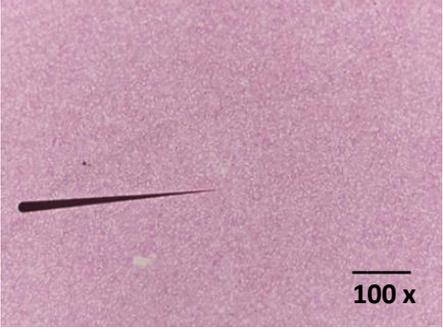
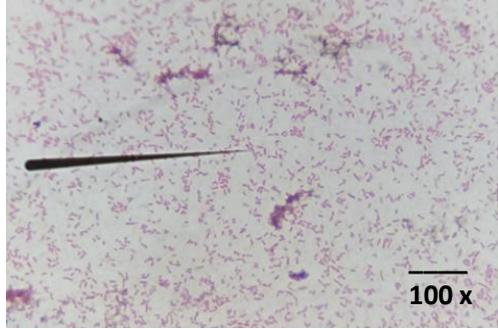
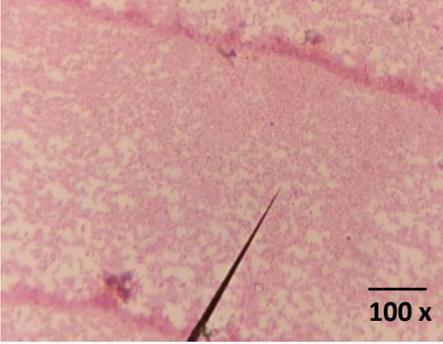
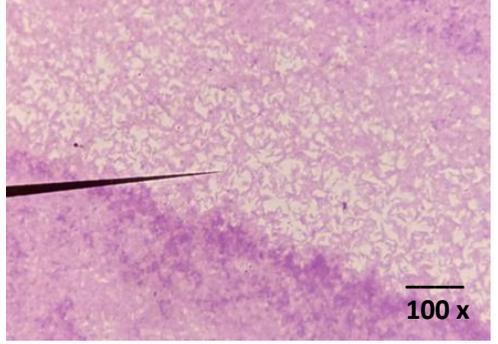
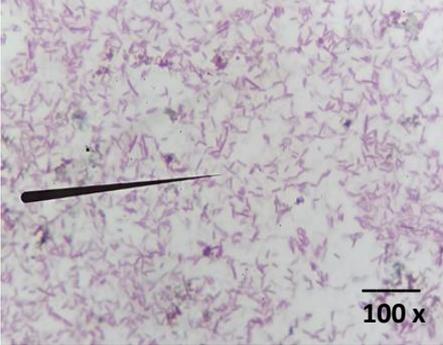
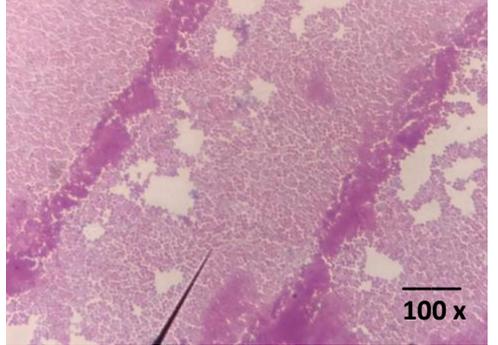
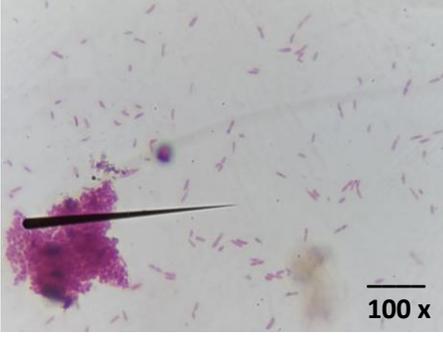
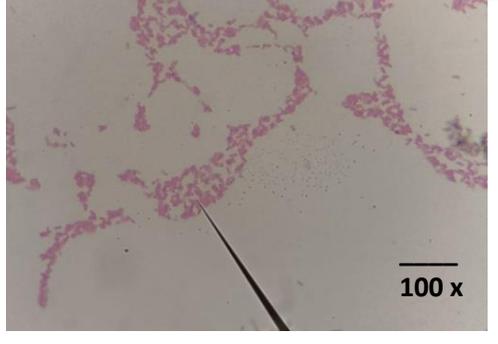
Bacterias: Se llama bacterias a un dominio de microorganismos procariotas (desprovistos de núcleo celular) de diversas formas y tamaños posibles, que junto a las arqueas, constituyen los seres vivientes más primitivos y más abundantes del planeta Tierra, adaptados a prácticamente todas las condiciones y hábitats, incluido el parasitario. Algunas pueden incluso subsistir en condiciones hostiles, como el espacio exterior.

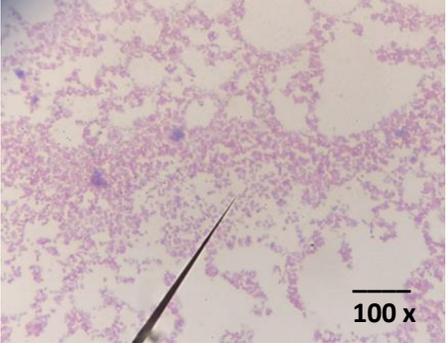
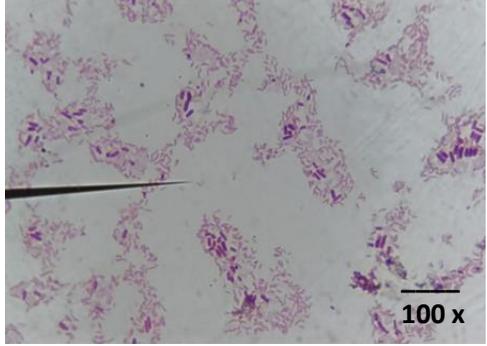
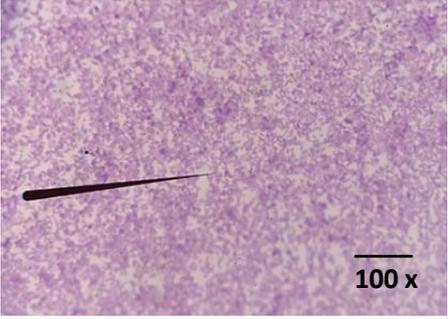
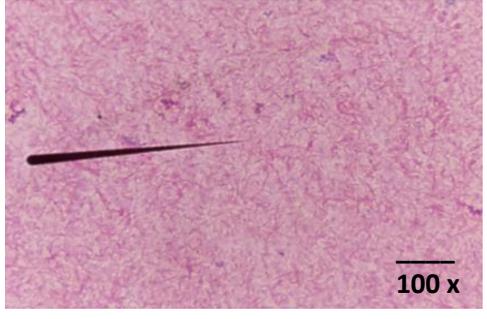
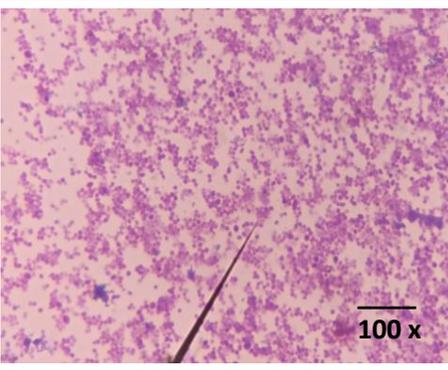
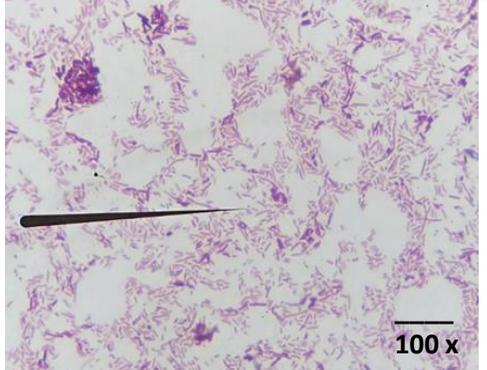
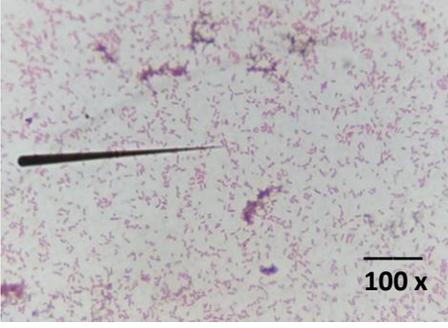
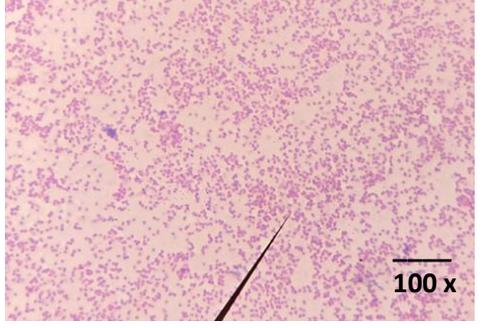
Hongos: Grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y las setas. Se clasifican en un reino distinto al de las plantas, animales y bacterias. Esta diferenciación se debe, entre otras cosas, a que poseen pared celular compuesta por quitina, a diferencia de las plantas, que contienen celulosa. Actualmente se consideran como un grupo heterogéneo, polifilético, formado por organismos pertenecientes por lo menos a tres líneas evolutivas independientes.

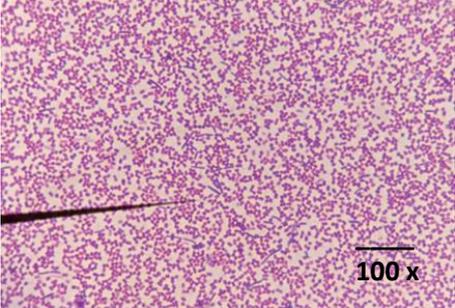
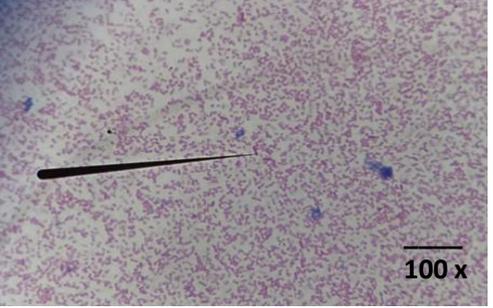
Vibrios: Son bacilos curvos Gram negativos móviles. El *V. cholerae* (anteriormente *V. comma*) produce el cólera en el hombre, muchas especies de vibrios viven en el agua y no causan enfermedades.

Mortandad: Gran cantidad de muertes causadas por epidemia, cataclismo, peste o guerra, o alguna otra causa, Proporción de defunciones (por sexo, edad): el número de defunciones ocurridas en cualquiera de las variables anteriores entre el total de las defunciones, proporción de defunciones (por sexo, edad): el número de defunciones ocurridas en cualquiera de las variables anteriores entre el total de las defunciones.

Morf.1		Morf.2	
Bacilos Gramnegativos		Bacilos Gramnegativos	
Morf.3		Morf.4	
Bacilos Gramnegativos		Bacilos Gramnegativos	
Morf.5		Morf.6	
Bacilos Grampositivos		Bacilos Gramnegativos	
Morf.7		Morf.8	
Bacilos Grampositivos		Bacilos Gramnegativas	

<p>Morf.9</p>		<p>Morf.10</p>	
<p>Bacilos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.11</p>		<p>Morf.12</p>	
<p>Bacilos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.13</p>		<p>Morf.14</p>	
<p>Bacios Gramnegativos</p>		<p>Cocos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.15</p>		<p>Morf.16</p>	
<p>Bacilos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	

<p>Morf.17</p>		<p>Morf.18</p>	
<p>Bacilos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.19</p>		<p>Morf.20</p>	
<p>Bacilos Grampositivos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.21</p>		<p>Morf.22</p>	
<p>Cocos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	
<p>Morf.23</p>		<p>Morf.24</p>	
<p>Bacilos Gramnegativos</p>		<p>Cocos Gramnegativos</p>	

<p>Morf.25</p>		<p>Morf.26</p>	
<p>Cocos Gramnegativos</p>		<p>Bacilos Gramnegativos</p>	

ANEXO 2

TINCIÓN DE GRAM