

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



DETERMINACION DE PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS EN MUSCULO Y  
BRANQUIAS DE *Oreochromis spp.* (TILAPIA) CULTIVADA EN TRES  
SECTORES DE LA ZONA CENTRAL DE EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACION  
PRESENTADO POR:

HERSON WILFREDO GUERRERO RIVAS  
ALISSON MICHELLE VENTURA MARTINEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIADO EN QUIMICA Y FARMACIA

DICIEMBRE, 2022

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**RECTOR**

MAESTRO. ROGER ARMANDO ARIAS BENITEZ

**SECRETARIO GENERAL**

MAESTRO. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. REINA MARIBEL GALDAMEZ

**SECRETARIO INTERINO**

MSC. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

**DIRECCION DE PROCESOS DE GRADO**

**DIRECTORA GENERAL**

MSc. Ena Edith Herrera Salazar

**TRIBUNAL EVALUADOR**

**ASESORA DE AREA EN CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS Y  
COSMETICOS**

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

**ASESORA DE AREA EN MICROBIOLOGIA**

Dra. Tania Ethel Cuadra Zelaya

**DOCENTE ASESOR**

Lic. Emerson Gustavo Martínez Hernández

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios por haberme brindado sabiduría y salud, permitiéndome llegar hasta este punto de mi vida, sé que sin ÉL nada de esto sería posible.

A mi mamá, Yanira del Carmen Martínez, por ser una fuente de apoyo incondicional, no solo económicamente sino también emocionalmente, gracias por estar siempre conmigo y darme todo lo necesario para llegar hasta este momento.

A mi papá, Carlos Amílcar Ventura (QEPD), porque en los años que estuvo presente en mi vida siempre me motivó a dar lo mejor de mí, me brindo mucho amor y los valores que hoy reflejo ante los demás, un abrazo hasta el cielo al mejor papá.

A mi familia en general, gracias por todas sus oraciones y palabras de aliento en esos momentos de desanimo y cansancio.

A mis docentes asesores Lic. Emerson Martínez y MSc. Guillermo Alvarenga por todo su apoyo y dedicación en todos los procesos que abarcó la investigación, gracias por el voto de confianza que nos tuvieron, sin ustedes esta investigación no habría sido posible.

A los Laboratoristas del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia, gracias por su disposición y apoyo al momento de llevar a cabo la parte experimental de la investigación.

A mi compañero y colega Herson Guerrero, por brindarme el voto de confianza y trabajar conmigo en esta investigación, gracias por todo.

**Alisson Ventura**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios Todopoderoso, por haberme guiado en este camino el cual ahora es un triunfo. Gracias que siempre estuviste a mi lado, dándome lo necesario para afrontar todas las dificultades que se presentaban en el camino. Sin ti nada de esto sería posible.

A mi padre, madre y hermana, que con su apoyo incondicional y su amor se hizo más fácil el recorrido de mi carrera. Gracias familia por siempre estar conmigo y apoyarme en todas mis decisiones.

A Don Merlín Fabricio Ortiz Alvarenga, quien en todos los años de mi carrera me dio trabajo temporalmente en su empresa cada que salía de ciclo, su ayuda fue importante para mantenerme económicamente en la universidad.

A mis asesores de Tesis Lic. Emerson Martínez y Lic. Guillermo Alvarenga, gracias por la guía en este camino por toda su paciencia y porque siempre confiaron y creyeron en nosotros.

A Lic. Ena Herrera directora de Proceso de grado, y evaluadores de este proyecto, Lic. Ivonne Arévalo y Dra. Thania Cuadra, se les agradece toda la ayuda brindada.

A Don Coreas y Wilber laboratoristas de microbiología que con su experiencia y apoyo salimos adelante con la parte experimental.

A mis amigos Jonathan Córdova, Clarissa Gálvez, Rodrigo Henríquez, Mario Álvarez, William Ramos, por siempre creer en mí, por siempre haber estado conmigo cuando más los necesité y toda la ayuda, el cariño y apoyo brindado.

**Herson Wilfredo Guerrero Rivas**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien siempre ha estado conmigo y me ha llenado de sabiduría, entendimiento y gracia. Todo lo que soy y todo lo que he logrado hasta este punto es gracias a ÉL.

A mi mamá, Yanira del Carmen Martínez, porque sin todos tus esfuerzos y sacrificios, este logro no sería posible. Este trabajo te lo dedico, porque eres ese pilar principal que me impulso a seguir adelante siempre, porque sin tu comprensión y cariño no habría llegado hasta este punto.

A mi papá, Carlos Amílcar Ventura (QEPD), quien fue mi motivación para estudiar esta carrera, a ti que siempre me llenaste de amor y valores, te dedico este trabajo hasta el cielo, y espero que te sientas muy orgulloso de tu pequeña bodega.

A mi hermana Karla de Calderón y su esposo Mario Calderón, por ser un pilar fuerte en mi vida, porque siempre estuvieron ahí para mí, motivándome de diferentes formas.

A mi familia en general, porque sin sus oraciones y palabras de aliento este triunfo no sería posible.

A mi amiga Tania Iveth Erazo, por ser mi compañera de estudio, mi fortaleza en momentos difíciles, y esa amiga incondicional, te dedico este trabajo por todos los años que compartimos juntas y todas las experiencias que vivimos.

**Alisson Ventura**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, gracias por todo su apoyo incondicional que pusieron en primer lugar mis propósitos antes que los suyos y me ayudaron a salir adelante, esto es por y para ustedes.

A mi Hermana, gracias por tu apoyo incondicional y que a pesar de yo ser el mayor tú has sido un ejemplo para mí.

A Francisco Samuel Avendaño Hernández, fuiste mi único y mejor amigo de toda la vida donde quiera que estes sé que estas orgulloso de lo que he logrado.

A mis amigos, gracias a todos son un regalo de Dios.

**Herson Wilfredo Guerrero Rivas**

## INDICE GENERAL

	Pág. N°
<b>RESUMEN</b>	
<b>CAPITULO I</b>	19
1.0INTRODUCCION	xx
<b>CAPITULO II</b>	22
2.0OBJETIVOS	23
<b>CAPITULO III</b>	24
3.0MARCO TEORICO	25
3.1 Acuicultura	25
3.2 Generalidades de la tilapia	25
3.3 Características biológicas de la tilapia	27
3.3.1 Distribución y hábitat	27
3.3.2 Requerimientos medioambientales	27
3.3.3 características taxonómicas	28
3.3.4 Características morfológicas	31
3.3.5 Hábitos alimenticios	33
3.3.6 Reproducción	33
3.4 Cultivo de la tilapia	35
3.4.1 Medios de cultivos	35
3.4.2 Agua	35
3.4.3 Servicios complementarios	36
3.5 Peligros para la inocuidad de los productos pesqueros	39

3.5.1 Peligros físicos	39
3.5.2 Peligros químicos	39
3.5.3 Peligros biológicos	39
3.6 Microorganismos indicadores	41
3.6.1 Bacterias patógenas	41
3.7 Buenas prácticas acuícolas	44
<b>CAPITULO IV</b>	<b>46</b>
4.0 DISEÑO METODOLÓGICO	47
4.1 Tipo de estudio	47
4.2 Investigación bibliográfica	47
4.3 Investigación de campo	48
4.3.1 Universo y muestra	48
4.3.2 Muestreo	48
4.3.3 Determinación y selección de <i>Oreochromis spp.</i>	49
4.4 Parte experimental	49
4.4.1 Recolección y transporte de la muestra	49
4.4.2 Identificación de la muestra	50
4.4.3 Preparación de las diluciones	50
4.4.4 Determinación de <i>Escherichia coli</i>	52
4.4.5 Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i>	53
4.4.6 Determinación de <i>Salmonella spp.</i>	54
4.4.7 Determinación de <i>Vibrio cholerae</i>	56
4.4.8 Tabulación de datos	57

4.5 Análisis estadístico	57
<b>CAPITULO V</b>	59
5.0 RESUTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	60
5.1 Identificación de microorganismos de interés	63
5.1.1 Determinación de <i>Escherichia coli</i>	63
5.1.2 Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i>	68
5.1.3 Determinación de <i>Salmonella spp.</i>	72
5.1.4 Determinación de <i>Vibrio cholerae</i>	79
5.2 Comparación de los resultados obtenidos	82
5.2.1 Comparación de <i>Escherichia coli</i>	82
5.2.2 Comparación de <i>Staphylococcus aureus</i>	84
5.2.3 Comparación de <i>Salmonella spp.</i>	84
5.2.4 Comparación de <i>Vibrio cholerae</i>	85
<b>CAPITULO VI</b>	88
6.0 CONCLUSIONES	89
<b>CAPTULO VII</b>	91
7.0 RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFIA	
GLOSARIO	
ANEXOS	

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1.	Tilapia Nilótica ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	30
2.	Tilapia aurea ( <i>Oreochromis aureus</i> )	30
3.	Tilapia roja ( <i>Oreochromis</i> sp.)	31
4.	Cultivo en estanque y sus estructuras	35
5.	Cultivo en corrales	36
6.	Cultivo en jaulas	37
7.	Peso de las muestras de <i>Oreochromis</i> spp. recolectadas en el Lago de Suchitlán	60
8.	Peso de las muestras de <i>Oreochromis</i> spp. recolectadas en el Lago de Ilopango	61
9.	Peso de las muestras de <i>Oreochromis</i> spp. recolectadas en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	62
10.	Crecimiento confirmativo de <i>Escherichia coli</i> en agar EMB de las muestras del Lago de Suchitlán	64
11.	Prueba de coagulasa para confirmación de <i>S. aureus</i> de las muestras del Lago de Suchitlán	69
12.	Prueba de coagulasa para confirmación de <i>S. aureus</i> en Mx2 del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	70
13.	Crecimiento presuntivo de <i>Salmonella</i> spp. en Agar SS y XLD	74
14.	Crecimiento presuntivo de <i>Vibrio</i> spp. en Agar TCBS	79
15.	Gráfico comparativo de <i>Escherichia coli</i> de las muestras estudiadas en el Lago de Suchitlán con el límite establecido por el RTCA 67.04.50:17	82

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1.	Recuento de coliformes totales y <i>E. coli</i> en los tres sitios de estudio	65
2.	Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> obtenido en los tres sitios de estudio	70
3.	Determinación de <i>Salmonella spp.</i> obtenido en los tres sitios de estudio.	75
4.	Determinación de <i>Vibrio cholerae</i> obtenido en los tres sitios de estudio.	81

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°</b>		<b>Pág. N°</b>
1.	Descripción taxonómica	29
2.	Identificación según patrón de identificación	32
3.	Ejemplos de peligros biológicos	40
4.	Límites establecidos en el RTCA 67.04.50:17	43
5.	Cuadro descriptivo de Buenas Prácticas Acuícolas	45
6.	Análisis de datos del Lago de Suchitlán	60
7.	Análisis de datos del Lago de Ilopango	61
8.	Análisis de datos del Distrito de Riego de Atiocoyo	62
9.	Prueba de normalidad Shapiro Wilks	84
10.	Resultados obtenidos de los tres sitios de estudio	87

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo N°

1. Mapa de las zonas que componen a El Salvador
2. Coordenadas de los sitios de investigación
3. Etiqueta para la identificación de las muestras
4. Esquema de preparación de diluciones en Agua Peptonada
5. Esquema para la identificación de coliformes totales y *E. coli*
6. Esquema para la confirmación de la presencia de *Escherichia coli*
7. Criterios microbiológicos para vigilancia de la inocuidad de los alimentos según el RTCA 67.04.50:17
8. Esquema para la determinación de la presencia de *Staphylococcus aureus*
9. Esquema para confirmación de presencia de *Staphylococcus aureus*
10. Esquema para la determinación de presencia de *Salmonella spp.*
11. Pruebas bioquímicas para *Salmonella spp.*
12. Esquema para la determinación de presencia de *Vibrio cholerae*
13. Recolección de datos por sitio de estudio
14. Pesos de las muestras de tilapia de los tres sitios de estudio
15. Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Suchitlán

16. Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Ilopango
17. Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.
18. Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Suchitlán.
19. Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Ilopango.
20. Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.
21. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias para *Escherichia coli* en el Lago de Suchitlán.
22. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias para coliformes totales en el Lago de Suchitlán.
23. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias para coliformes totales en el Lago de Ilopango.
24. Recuento de Unidades Formadoras de Colonias para coliformes totales en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.
25. Interpretación de resultados del medio Baird Parker.
26. Interpretación de resultados del medio SS
27. Interpretación de resultados del medio XLD
28. Informe de estudio bacteriológico para determinación de *V. cholerae*

29. Carta de presentación de informe en apoyo al plan estratégico de acuicultura 2015-2025.
30. Artículo científico

## ABREVIATURAS, SIGLAS Y SIMBOLOGIA

<b>RTCA</b>	Reglamento Técnico Centroamericano
<b>UFC/ g</b>	Unidades Formadoras de Colonias por gramo
<b>Agar EMB</b>	Eosin Methylene Blue (Con Eosina y azul de metileno)
<b>Agar XLD</b>	Xylose, Lysine Desoxycholate (con Xilosa, Lisina y Desoxicolato).
<b>Agar SS</b>	Salmonela-Shigella
<b>Agar TSI</b>	Triple Sugar Iron (con triple azúcar hierro)
<b>LIA</b>	Lysine Iron Agar (con Lisina Hierro)
<b>Agar TCBS</b>	Thiosulfate-Citrate-Bile-Sucrose (Tiosulfato-Citrato-Bili-Sacarosa)
<b>SPP.</b>	Especies
<b>SP.</b>	Especie

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad la determinación de los parámetros microbiológicos en musculo y branquia de *Oreochromis spp.* cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador: Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán. De acuerdo al RTCA 67.04.50:17 primera revisión los microorganismos de interés fueron: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, y *Vibrio cholerae*.

Ante la falta de información de la calidad microbiológica de la tilapia cultivada en estas zonas, surge la necesidad de estudiar la microbiología de muestras cosechadas en el periodo de septiembre-noviembre del año 2021. Para la recolección de la muestra se llevó a cabo un muestreo no probabilístico por conveniencia, de cada sector se tomaron 60 peces, estos se dividieron en 5 muestras compuestas de 12 peces cada una, en la cual cada pez debía pesar entre 200 y 400 g.

En este período de estudio se detectó contaminación arriba de los límites establecidos por la normativa, en las muestras provenientes de los tres lugares, encontrándose presencia de *Salmonella spp.*, pero de forma especial en las granjas de lago de Suchitlán, en la cual además se observó la prevalencia de microorganismos coliformes, lo cual sugiere la necesidad de un estudio a mayor profundidad de la calidad de agua utilizada, con el fin de detectar los posibles contaminantes que esté causando este resultado en los tres sitios de estudio. Concluyendo finalmente que los 3 sitios no cumplen con la normativa establecida debido a la presencia de *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

El cultivo de Tilapia en El Salvador es una alternativa alimentaria fácil y práctica que se puede llevar a cabo en muchos sectores del país. Esta especie es comúnmente seleccionada porque tiene rápido crecimiento, es fácil su reproducción y tiene resistencia a enfermedades; Sin embargo, a pesar de las fortalezas que presenta el cultivo de tilapia, los productos que son vendidos a nivel del mercado local no necesariamente han sido cultivados bajo una guía de Buenas Prácticas Acuícolas que asegure la inocuidad del alimento.

La inocuidad se define como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. La presente investigación tiene como finalidad determinar los parámetros microbiológicos en músculo y branquias de *Oreochromis spp.* (tilapia) cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador: Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán.

Como parte de la investigación, se determinó si en la tilapia cultivada en estos sectores de la zona central de El Salvador, hay presencia de los siguientes microorganismos: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, y *Vibrio cholerae*. El estudio se realizó con muestras crudas y frescas de tilapia que tenían un peso entre 200-400 gramos, analizando un total de 5 muestras compuestas por cada sector. Los resultados de los análisis se compararon con los lineamientos establecidos en el RTCA 67.04.50:17 primera revisión.

El RTCA establece que, *Oreochromis spp.* es un alimento de riesgo tipo A, el cual por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una alta probabilidad de causar daño a la salud, por esta razón se

verificó si los productos de los sectores ya antes mencionados están por debajo de los límites permitidos o si hay ausencia de microorganismos patógenos. Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, en el período comprendido entre septiembre-noviembre del año 2021. Posteriormente los resultados obtenidos de esta investigación se dieron a conocer al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en colaboración al plan estratégico de acuicultura 2015-2025 del con el Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA).

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros microbiológicos en músculo y branquias de *Oreochromis spp.* (Tilapia) cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Identificar la presencia o ausencia de *Salmonella spp.* y *Vibrio cholerae* en músculo y branquias de las tilapias cultivadas en Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán.
- 2.2.2 Cuantificar la presencia de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* en músculo y branquias de las tilapias cultivadas en Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán.
- 2.2.3 Comparar los resultados obtenidos con los límites microbiológicos establecidos en el RTCA 67.04.50:17 primera revisión.
- 2.2.4 Presentar por medio de un informe los resultados obtenidos en la investigación al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en colaboración al plan estratégico de acuicultura 2015-2025 del Centro del Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA)
- 2.2.5 Redactar un artículo científico que contribuya a la investigación en la seguridad alimentaria del consumo humano de *Oreochromis spp.*

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### **3.0 MARCO TEORICO**

#### **3.1 ACUICULTURA**

La acuicultura es el conjunto de técnicas adecuadas para el cultivo de especies hidrobiológicas en los ambientes naturales o en los artificiales obteniendo el control total de estas.<sup>(1)</sup> La Food and Agriculture Organization (FAO) señala que la actividad del cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción en operaciones como la siembra, la alimentación y protección de depredadores entre otros.

Así también los productos obtenidos de las especies acuícolas son alimentos de alta calidad ya que contienen una cantidad importante de materias proteicas, son ricos en vitaminas y minerales, y poseen cantidades variables de grasa, calcio, fósforo y elementos necesarios para la salud del hombre y su crecimiento.

Se afirma que la práctica de la acuicultura en El Salvador es realizada sistemáticamente desde 1958. A través de este tiempo se han verificado estudios, tanto en conocimiento biológico de especies nativas como en la adaptación de las exóticas, lo mismo que su rendimiento en cultivos y dentro de las especies principalmente utilizadas se tienen a los cíclidos como la tilapia.<sup>(2)</sup>

#### **3.2 GENERALIDADES DE LA TILAPIA <sup>(3)</sup>**

Se estima que el cultivo de la tilapia inició aproximadamente en 1820 en las zonas tropicales de África y Palestina. Aunque se conocen más de 100 especies de tilapia en el mundo, sólo diez especies son de importancia económica y de producción de proteína animal para mejorar la alimentación de la población.

Normalmente las 10 especies con potencial importante se producen en condiciones controladas en las aguas tropicales y subtropicales del mundo.

Por sus características favorables de adaptación, la tilapia es muy apropiada para la piscicultura. Tiene rápido crecimiento, es fácil su reproducción y tiene resistencia a enfermedades. Otras bondades de la tilapia es su bajo costo de producción, la tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, su habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y soportar un amplio rango de salinidades, por las condiciones extremas del agua marina.

Técnicamente, la tilapia tiene una enorme capacidad para nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales. Sin embargo, la gran desventaja de la tilapia es que no resiste el frío y generalmente cuando la temperatura se encuentra debajo de 10°C siempre causa mortalidad. La calidad de la carne de tilapia es sabrosa, puesto que su textura es firme, de color blanco y no posee espinas intermusculares, lo cual hace que constituya un pescado altamente apetecible.

En el caso de El Salvador, hasta noviembre de 2008, el departamento de La Libertad es donde se desarrollan más proyectos productivos de acuicultura, especialmente tilapia. Las estadísticas indican 50 proyectos en La Libertad, generalmente influenciados por el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur; seguido de 14 proyectos más en el departamento de Chalatenango, justo donde también opera el Distrito de Riego Atiocoyo Norte.

### 3.3 CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS DE LA TILAPIA

#### 3.3.1 DISTRIBUCION Y HABITAT <sup>(2)</sup>

Las tilapias africanas como se les conoce comúnmente son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales. Se les encuentra distribuidas en aguas lénticas (lentas), principalmente someras o turbias (estancadas o inactivas) como lagos, lagunas, litorales, bordos, estanques, así como también en lólicas (aguas corrientes) a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas e inclusive en aguas marinas.

El hábitat que prefieren es de fondo lodoso, toleran altas salinidades, son peces eurihalinos, o sea que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el rango de tolerancia es de 0 a 40 partes por mil de sal, y en algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad. Son especies euritéricas, siendo el rango de tolerancia de 12°C a 42°C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa entre 29°C, aunque se reproduce aún a los 18°C., además soportan concentraciones de oxígeno mínimas de 1 mg/L.

#### 3.3.2 REQUERIMIENTOS MEDIOAMBIENTALES <sup>(4)</sup>

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los requerimientos medio ambientales en los siguientes valores:

- Temperatura: Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29 °C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42 °C.

- Oxígeno Disuelto: Soporta bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/l, e incluso en períodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente, el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 2 ó 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz.
- pH: Los valores óptimos de pH son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11.
- Turbidez: Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad (lectura del Disco Secchi).
- Altitud: Se sugiere de 850 a 2000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).
- Luz o Luminosidad: La radiación solar influye considerablemente; sin embargo no se debe tener exposiciones tan prolongadas para no afectar desde su actividad reproductiva hasta su crecimiento.

### 3.3.3 CARACTERISTICAS TAXONOMICAS

Según Huet <sup>(5)</sup>, la ubicación taxonómica de la especie es conforme a como se describe en el Cuadro N°1.

Cuadro N° 1. Descripción Taxonómica <sup>(5)</sup>

Phyllum	Chordata
Subphyllum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciforme
Suborden	Percoide
Familia	Cichlidae
Género	Oreochromis
Especies	<i>redalli, aureus, niloticus, mossambicus, urolepis, hornorum</i>

En El Salvador el cultivo de tilapia promete convertirse en una de las principales fuentes de proteína animal para consumo humano, destacándose las siguientes especies:

-Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*):

presenta bandas negras verticales en la aleta caudal; pecho blanco; extremo de la aleta abdominal anterior al año; aleta dorsal con 16 a 18 espinas duras y 12 a 13 restantes suaves. Se suma la aleta caudal con 3 espinas duras y restantes 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas hacia arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral (Figura. N°1). <sup>(3)</sup>



Figura N° 1. Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) <sup>(3)</sup>

-Tilapia aurea (*Oreochromis aureus*):

en la parte posterior de la cabeza recta, pecho color gris plata; aleta pectoral gris suave y algo transparente; aleta dorsal con 15 a 16 espinas duras y 9 suaves; 29 a 32 escamas a lo largo de la línea, 5 escamas arriba de la línea lateral y 11 a 12 abajo (Figura. N°2). <sup>(3)</sup>



Figura N° 2. Tilapia aurea (*Oreochromis aureus*) <sup>(3)</sup>

-Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*):

con su cuerpo de color anaranjado, tiene aleta dorsal con 16 espinas duras y 12 a 13 suaves, una aleta anal con 3 espinas duras y 10 suaves; más 29 a 31 escamas a lo largo de la línea lateral; 5 escamas arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral (Figura N°3). (3)



Figura N° 3. Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*) (3)

### 3.3.4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS (6)

El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y/o radios (espinas duras y suaves); tiene un solo rostrulo en cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal; la boca es protráctil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnoso (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio.

La línea lateral es bifurcada; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral de la parte superior hasta la terminación de la aleta caudal; la aleta caudal truncada redondeada. Generalmente, el macho se desarrolla más que la hembra. Las tilapias son peces de aguas cálidas tropicales.

La identificación según el patrón de pigmentación para las especies del género *Oreochromis* se da de acuerdo con como se muestra en el Cuadro N°2.

Cuadro N° 2. Identificación Según Patrón de Pigmentación <sup>(6)</sup>

Área de pigmentación	Coloración
CUERPO	Verde metálico en el macho maduro ligeramente gris.
CABEZA	Verde metálico
OJOS	Cafés
REGIÓN VENTRAL	gris plateado
PAPILA GENITAL	Blanca
BORDE ALETA DORSAL	Negra a oscura
POSICIÓN TERMINAL DE ALETA CAUDAL	Roja, bandas negras bien definidas y uniformes en forma circular.
PERFIL DORSAL	Convexo
LABIOS	Negros

### 3.3.5 HÁBITOS ALIMENTICIOS <sup>(4)</sup>

El género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton. Las tilapias son peces provistos de branquiespinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos.

Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez. Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente.

### 3.3.6 REPRODUCCIÓN <sup>(2)</sup>

Las tilapias poseen un tipo de reproducción sexual, o sea que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos machos y hembras separados. Las glándulas sexuales, llamadas gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en el macho, a diferencia de otros seres vivos, que ya nacen con el sexo definido, en los peces como es el caso de la tilapia 14 dichas glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo entre el día 15 al 20 después de que nacen.

Varios factores deben ocurrir, para que se dé la maduración sexual en la tilapia y los más importantes son: Fotoperíodo, es decir, los cambios que ocurren en la duración del día solar, temperatura, la cual debe permanecer constante en un período de tiempo por arriba de 24°C y el último y más importante es la presencia del sexo opuesto.

#### 3.3.6.1 REPRODUCCIÓN NATURAL <sup>(3)</sup>

Se seleccionan con un peso entre 200 a 400 gramos, con una edad aproximada de 4 a 6 meses, en el caso de los machos y las hembras entre 3 a 5 meses. Los individuos sexualmente maduros, son fácilmente identificables: las hembras presentan una papila genital prominente y rojiza, mientras que, en el macho, dicha coloración se observa al borde de la aleta caudal y dorsal.

Se recomienda elegir reproductores de cabeza angosta y pecho grueso, con relación al resto del cuerpo, que presente un aspecto sano, sin parásitos y malformaciones. La proporción de siembra recomendada es de 3 a 5 hembras por macho, con una densidad de siembra de 3 reproductores por metro cuadrado.

#### 3.3.6.2 REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL <sup>(3)</sup>

Se capturan las hembras que tienen la boca inflada (por la presencia de huevos), para extraerles los huevos en una tina redonda, con agua limpia, la que se cambia por semana. Los huevos obtenidos, se colocan en un máximo de 5,000 unidades en cada incubador. Después de 5 a 7 días de depositados los huevos en la incubadora, se comienza a cosechar las larvas recién eclosionadas. Para esto, se practica el sifoneo con una manguera y se extraen hacia una tina.

### 3.4 CULTIVO DE LA TILAPIA

#### 3.4.1 MEDIOS DE CULTIVO <sup>(2)</sup>

La tilapia puede ser cultivada en diferentes medios tales como: jaulas, raceways, tanques, estanques, lagunas, reservorios o represas, canales de regadío, etc., siendo los estanques el medio más común. Por lo general se le utiliza a este organismo para monocultivo, aunque también se ha utilizado en policultivo especialmente cuando la tilapia es la especie de importancia secundaria.

##### 3.4.1.1 CULTIVO EN ESTANQUES

Para el cultivo de tilapia en estanques se deben tener en consideración ciertas características como tamaño, ubicación, drenaje, etc. de especial importancia es el tamaño del estanque ya que permite que el cultivo de tilapia se pueda llevar a cabo en diferentes grados de intensidad. <sup>(2)</sup> La producción de peces en estanques de cultivo puede proveer proteína y ganancias para los granjeros. La tilapia es fácil de cultivar y da buenos rendimientos si se sigue un plan de manejo (Figura N°4). <sup>(4)</sup>

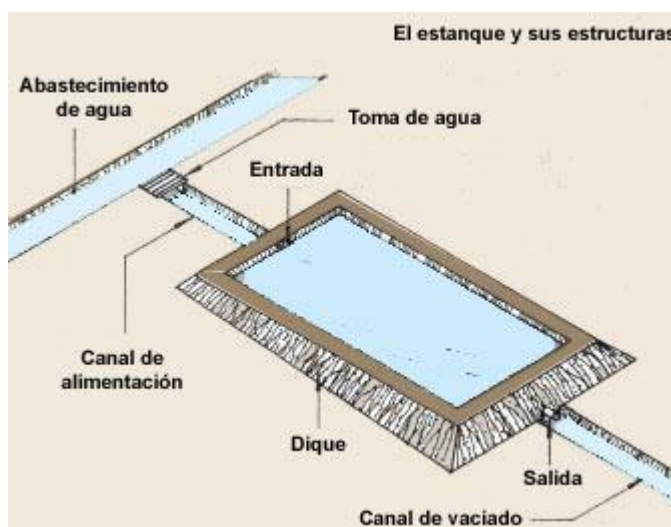


Figura N°4. Cultivo en Estanque y sus Estructuras <sup>(4)</sup>

### 3.4.1.2 CULTIVO EN CORRALES (4)

Un corral está cercado por una valla, se empieza hundiendo una hilera de palos, si se utiliza madera que sea de la que no se pudre fácilmente cuando está en el agua. Los palos deberán ser lo suficientemente largos para hundirlos firmemente en el fondo y hacerlos sobresalir unos 50 cm del nivel del agua. Los palos deberán estar distanciados de 1 a 2 m, según el material que se utilice para cercar el corral (Figura. N°5).

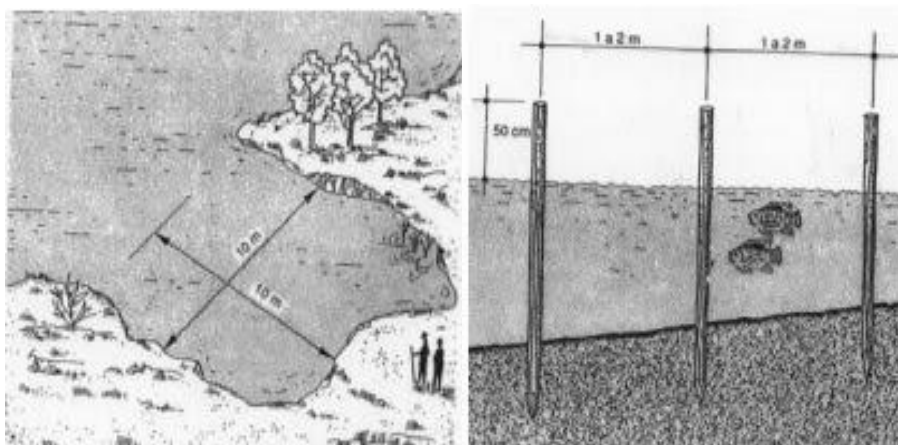


Figura N° 5. Cultivo en Corrales (4)

### 3.4.1.3 CULTIVO EN JAULAS

Las jaulas se pueden construir en una gran variedad de formas, utilizando materiales como el bambú o tablas y alambre, nylon u otras mallas sintéticas. Las estructuras de soporte pueden sostener las jaulas sobre la superficie del agua o sobre el fondo de un cuerpo de agua. (2) Se caracteriza por: evitar la reproducción, por lo que puede utilizar machos y hembras en el cultivo, se puede realizar varios tipos de cultivo en un mismo cuerpo de agua, intensifica la producción de peces, facilita el control de depredadores y reduce el costo de inversión inicial (Figura. N°6). (4)

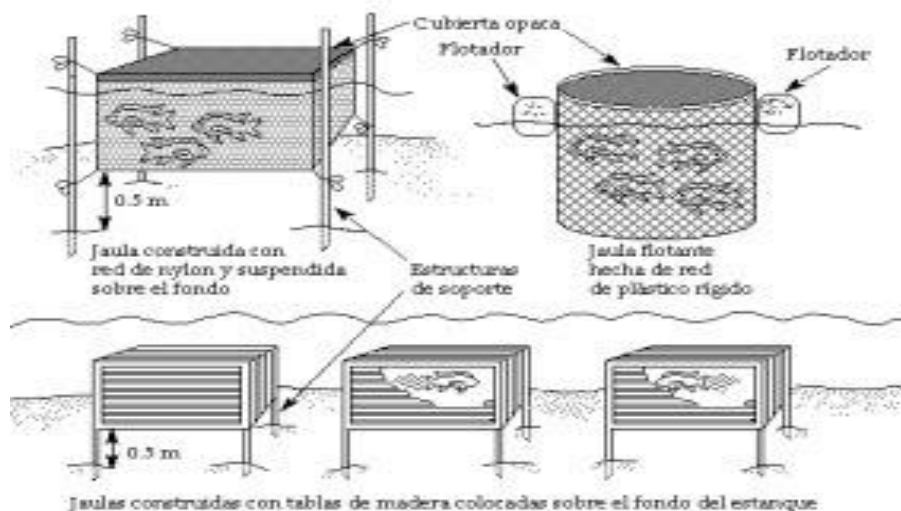


Figura N° 6. Cultivo en Jaulas (4)

### 3.4.2 AGUA (7)

Para el cultivo de peces se requiere de un buen abastecimiento de agua. La cantidad y calidad determina el éxito o el fracaso de esta actividad, definiendo desde el punto de vista microbiológico calidad como: "ausencia de cualquier microorganismo". Es importante tomar en cuenta el volumen adecuado a emplear para el medio inicial a utilizar. Entre las principales fuentes de agua están: Lluvia, manantial, corriente de agua, lagos y reservorios, filtración, canal de regadío, y pozos.

Para mantener vivo a los peces u otros organismos acuáticos, así como mantener los niveles sanitarios necesarios para su desarrollo, es necesaria un agua de buena calidad, así como la producción de un estanque varía según las características físicas, químicas y biológicas del agua.

La calidad del agua implica la interrelación de los siguientes parámetros que intervienen en el agua: Temperatura, Transparencia, Turbidez, Oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza, amonio, plancton.

### 3.4.3 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS <sup>(7)</sup>

Para que un cultivo de peces resulte seguro y rentable, aparte de las condiciones de agua deben considerarse algunos factores complementarios.

- Vías de acceso: La existencia de infraestructura vial y servicios de transporte es un factor importante debido a que influye en un acceso rápido al mercado como al centro de cultivo. Debido a que es un alimento altamente perecible, es necesario llegar al mercado con un producto de buena calidad.
- Cercanía de la materia prima (alevinos y alimentos): Se considera la cercanía a una estación pesquera y/o un centro de acuicultura, con la finalidad de asegurar un alto porcentaje de supervivencia de los alevinos durante el transporte.
- Disponibilidad de mano de obra: Esto con la finalidad de poder tomar la mano de obra calificada, de estos lugares, y no verse en la necesidad de traerlos o buscarlos de otros lugares.
- Cercanía a un centro poblado: Para poder adquirir algunos materiales y/o insumos que se requieran en el cultivo, y obtenerlos con facilidad, sin la necesidad de trasladarse a centros poblados más lejanos.

- Disponibilidad de servicios públicos: Tales como servicios de telefonía, abastecimiento de agua para consumo y energía eléctrica, en el mejor de los casos, que son importantes para viabilizar la actividad.

### **3.5 PELIGROS PARA LA INOCUIDAD DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS**

#### **3.5.1 PELIGROS FISICOS <sup>(8)</sup>**

Partículas extrañas presentes en los alimentos pueden causar enfermedades y lesiones. Estos peligros físicos pueden resultar de la contaminación y / o malas prácticas en muchos puntos de la cadena alimenticia desde la cosecha hasta el consumidor, incluyendo aquellos dentro del establecimiento alimenticio. La presencia de partículas de metal y vidrio son ejemplos.

#### **3.5.2 PELIGROS QUIMICOS <sup>(8)</sup>**

Los contaminantes químicos en los alimentos pueden producirse naturalmente o pueden añadirse durante el procesamiento de los alimentos. Los químicos nocivos en niveles altos se han asociado con casos agudos de enfermedades transmitidas por alimentos y pueden ser responsables de enfermedades crónicas en niveles más bajos.

#### **3.5.3 PELIGROS BIOLÓGICOS <sup>(8)</sup>**

Los peligros microbiológicos asociados con los alimentos incluyen los organismos microbianos tales como bacterias, virus, hongos y parásitos, observándose algunos ejemplos de estos en el Cuadro N°3. Esos organismos son comúnmente asociados con las personas y productos crudos entrando en el establecimiento y una parte son presentes en el medio ambiente natural en el que los alimentos son obtenidos. La mayoría son eliminados o inactivados por la

cocción y muchas pueden minimizarse por un control adecuado del manipuleo y almacenamiento (higiene, temperatura y tiempo). La mayoría de los brotes y casos notificados de enfermedades transmitidas por alimentos son causados por bacterias patógenas.

Cuadro N° 3. Ejemplos de Peligros Biológicos en Productos Pesqueros. (8)

**Bacterias (que pueden esporular)**

*Clostridium botulinum*

**Bacterias (no esporulantes)**

*Escherichia coli* Patógena (e.g. E. coli 0157)

*Listeria monocytogenes*

*Salmonella spp.*

*Staphylococcus aureus*

*Streptococcus pyogenes*

*Vibrio cólera*

*Vibrio parahaemolyticus*

*Vibrio vulnificus*

*Yersinia enterocolitica*

**Virus**

Hepatitis A y E

Norwalk virus (grupo)

Rotavirus

**Protozoarios y parásitos**

*Diphyllobothrium latum*

*Entamoeba histolytica*

*Giardia lamblia*

*Clonorchis sinensis*

## 3.6 MICROORGANISMOS INDICADORES

### 3.6.1 BACTERIAS PATOGENAS

La inocuidad de los alimentos se relaciona con su aptitud para ser consumidos sin representar ningún riesgo para la salud humana; en este sentido, evitar la contaminación del músculo comestible por procesos bacterianos, es uno de los factores que requieren mayor cuidado por parte del procesador. Los grupos de bacterias coliformes son las de mayor patogenicidad (producen enfermedades con mayor frecuencia y virulencia). Los ejemplos más comunes incluyen a *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio spp.*, entre otros, y son organismos entéricos (viven en el tracto digestivo de los animales, incluidos los peces en cultivo). Por lo anterior es sumamente importante evitar, en el procesamiento del pescado, el rompimiento de vísceras cuyo contenido puede contaminar la musculatura.

En el musculo del pescado el microorganismo una vez instalado se multiplica principalmente en la superficie de la carne y solo un número limitado invade a la misma, el deterioro se genera a consecuencia de la difusión de enzimas bacterianas hacia el interior y la difusión de nutrientes hacia el exterior donde se ubican los organismos, por dicho motivo los peces de mayor tamaño se destruyen en menor rapidez que los pequeños por la mayor superficie de exposición a los microbios. <sup>(9)</sup>

El Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) de alimentos 67.04.50:17 primera Revisión, exige los límites microbianos de ciertos microorganismos específicos y ausencia de otros (Cuadro N°4) <sup>(10)</sup>, tales como:

- *Escherichia coli* (*E. coli*): es un tipo de bacteria, un diminuto organismo unicelular que puede vivir en muchos entornos diferentes. Las bacterias se encuentran en el suelo y el agua, así como en los organismos vivos, incluidas las plantas, las personas y los animales. En algunos casos, las bacterias son patógenas porque causan infecciones en las personas. La *E. coli* es normalmente un comensal, pero en situaciones específicas puede causar una variedad de enfermedades humanas. <sup>(11)</sup>
  
- *Salmonella spp.*: es un género con una gran diversidad de cepas que se han clasificado en innumerables especies en función del tipo antigénico. Los pacientes que padecen salmonelosis tienen niveles relativamente altos del organismo, por lo que la detección en estos individuos no es un problema importante. Sin embargo, la comprobación de la presencia de *Salmonella* en muestras de alimentos es difícil debido al requisito de que haya menos de una *Salmonella* por cada 25 g. Los manipuladores de alimentos que son portadores de *Salmonella* también tienen números muy bajos. Por lo tanto, la detección rápida se hace muy difícil. Los dos parámetros más importantes en estas pruebas son la especificidad y la sensibilidad. <sup>(12)</sup>
  
- *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*): se considera un microorganismo muy interesante que causa múltiples enfermedades en el hombre y los animales. Entre ellas se encuentran las infecciones invasivas, las toxemias generalizadas y las alteraciones de la respuesta inmunitaria del huésped. Sin embargo, generalmente se considera que *S. aureus* forma parte del microbiota normal de sus huéspedes y se encuentra normalmente en las narices o en la piel del huésped. Sólo después de una lesión en la arquitectura normal de la piel se produce una infección invasiva. Durante esta infección invasiva, la respuesta inmunitaria del huésped puede verse

alterada por los diversos antígenos producidos por el organismo. En otros casos, el crecimiento del organismo en los alimentos o en una pequeña lesión invasiva puede provocar una toxemia generalizada en el huésped. En conjunto, *S. aureus* es un patógeno que ataca a su huésped de diversas maneras que los médicos y microbiólogos aún no han comprendido del todo. <sup>(13)</sup>

- *Vibrio cholerae* (*V. cholerae*): Es miembro de una serie de ecosistemas acuáticos naturales. La persistencia de *V. cholerae* en los hábitats naturales es un factor crucial en la epidemiología del cólera. El cólera sigue siendo una de las principales amenazas de enfermedades infecciosas a nivel mundial y, por lo tanto, la comprensión de los mecanismos fundamentales de la virulencia de *V. cholerae* y su supervivencia en el medio ambiente es un requisito previo para el desarrollo de nuevos tratamientos terapéuticos o medidas preventivas. <sup>(14)</sup>

Cuadro N°4. Límite permitido de contaminantes microbiológicos en pescado fresco según el RTCA 67.04.50.17. <sup>(10)</sup>

<b>9.1. Subgrupo del alimento: pescados, productos marinos y de agua dulce, crudos, refrigerados o congelados, incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos, empacados.</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>Plan de muestreo</b>				<b>Limite</b>	
	<b>Tipo de alimento</b>	<b>Clase</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>m</b>	<b>M</b>
<i>Escherichia coli</i>	A	3	5	1	10 UFC/g	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>		3		1	10 <sup>2</sup> UFC/g	10 <sup>3</sup> UFC/g

Cuadro N°4. Continuación.

9.1. Subgrupo del alimento: pescados, productos marinos y de agua dulce, crudos, refrigerados o congelados, incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos, empacados.						
Parámetro	Plan de muestreo				Limite	
	Tipo de alimento	Clase	n	c	m	M
<i>Salmonella spp.</i>		2		0	Ausencia/25 g	-----
<i>Vibrio cholerae</i> <i>toxigénico</i> <i>O1/O139</i>		2		0	Ausencia/25 g	-----

### 3.7 BUENAS PRACTICAS ACUICOLAS <sup>(15)</sup>

Es necesario, que, para el aseguramiento del cumplimiento de los estándares de calidad e inocuidad, se lleven a cabo programas de capacitación a los nuevos y antiguos criadores de Tilapia, que complementen el esquema de producción y que a la vez se realicen inspecciones periódicas en todo el proceso, desde la crianza o adquisición de alevines hasta su comercialización, con lo que se va a lograr una mejoría integral y va a proporcionar un valor agregado al producto final. Los procedimientos definidos como Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia que son requisitos básicos están enfocados en una sola dirección: ayudar en la prevención de cualquier problema que pueda surgir durante todo el proceso de cultivo de Tilapia, y que ponga en riesgo la inocuidad del producto final. Las Buenas Prácticas en la producción de Tilapia (Cuadro N°5) deben considerar los siguientes puntos para que la producción de dicho organismo sea realizada bajo los criterios de inocuidad alimentaria.

Cuadro N°5. Cuadro descriptivo de las Buenas Prácticas Acuícolas tilapia. (15)

<b>Cuadro descriptivo</b>			
<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Selección del área de cultivo "historial del lugar"	Sitio adecuado con abastecimiento de agua y sin riesgo de contaminarse (contacto con animales, descarga de efluentes, industrias, plaguicidas o sustancias químicas, suelo sin uso agrícola previo)	Manejo adecuado de los organismos	Se refiere a la toma de medidas preventivas dentro del proceso productivo de los peces, que permite la minimización y aparición de enfermedades infecciosas.
Construcción y diseño	La zona de producción acuícola debe estar acorde con las necesidades del cultivo, con independencia de área del proceso, diseño de espacio, etc.	Manejo adecuado de ciclo productivo	Para evitar la aparición de perturbaciones biológicas o químicas
Abastecimiento de agua	De alta calidad, libre de contaminantes, cumplir requerimientos físico-químicos ópticos para la especie y de acuerdo a la normativa vigente. Se debe contar con un abastecimiento suficiente, de acuerdo a la capacidad de la granja	Manejo de crías	Para evitar que estén contaminados de forma química o biológica y que dañen otros organismos
Higiene	De las instalaciones, materiales y utensilios de la granja. Asimismo debe considerarse dentro de este apartado, al personal de laborar en la granja.	Especificación de calidad	Parámetros organolépticos, atributos y defectos
Capacitación del personal	Sobre la importancia de una adecuada aplicación de las Buenas Prácticas de Producción Acuícolas.	Registros	Formatos de control y bitácoras
Alimentación	Se deben utilizar alimentos libres de contaminantes químicos o cualquier peligro para el consumidor, y debe asegurarse esto, mediante un control estricto del manejo de la alimentación de la tilapia		

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

- Estudio de campo: se recolectaron las muestras de *Oreochromis spp.* cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador: Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán (Ver Anexo N°1 y 2).
- Estudio experimental: Se determinaron los parámetros microbiológicos en músculos y branquias de las muestras recolectadas de *Oreochromis spp.* de acuerdo con el RTCA 67.04.50:17 primera revisión, en el Laboratorio de microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Estudio Transversal: La determinación de los parámetros microbiológicos en músculos y branquias de *Oreochromis spp.* respectivamente, se realizó en un periodo comprendido de septiembre-noviembre del 2021.

### 4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Se realizó en las siguientes bibliotecas:

- Facultad de Química y Farmacia Dr. Benjamín Orozco, Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Internet.

### 4.3 INVESTIGACION DE CAMPO

Se realizaron visitas a tres sectores de la zona central de El Salvador: Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán; con el objetivo de realizar una inspección visual, realizándose el estudio en época seca en los meses de septiembre-noviembre.

#### 4.3.1 UNIVERSO Y MUESTRA

##### UNIVERSO:

- Lago de Suchitlán: un estimado de 16,000 peces *Oreochromis spp.* cultivados en jaula por un productor independiente no agremiado.
- Lago de Ilopango: un estimado de 18,000 peces *Oreochromis spp.* cultivados en jaula por un productor independiente no agremiado.
- Distrito de Riego Atiocoyo Sur: un estimado de 22,000 peces *Oreochromis spp.* cultivados por una Asociación Cooperativa agropecuaria y pesquera de San Isidro Lempa.

##### MUESTRA:

se analizaron 180 peces en total, 60 peces de cada lugar de estudio, divididos en 5 muestras compuestas de 12 peces por lugar de estudio, en la cual cada muestra debía pesar entre 200 y 400 g.

#### 4.3.2 MUESTREO

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia en tres sectores de la zona central de El Salvador (Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán), muestreando 60 peces por sitio.

#### 4.3.2.1 DETERMINACION Y SELECCION DE *Oreochromis spp.*

La determinación de los parámetros microbiológicos de *Oreochromis spp.* cultivada en los tres sectores de la zona central se llevó a cabo en una sola fase. Debido a que el universo de peces era bastante grande en los tres sectores, se utilizó para la toma de muestra un muestreo por conveniencia con el fin de reducir el sesgo que podía producir el muestreo por si solo. El parámetro que se estableció en el muestreo por conveniencia fue el peso del pez, el cual debía ser entre 200 a 400 gramos, que es en el cual el pez tiene una edad entre 4 a 6 meses y están aptos para reproducirse y ser consumidos; en el caso del Lago de Suchitlán y el Lago de Ilopango se tomó las jaulas en las cuales estaban distribuidos los peces (muestreando 4 jaulas de peces que estaban en el parámetro establecido) y en el caso de Distrito de Riego de Atiocoyo Sur que su cultivo se realiza de forma libre (muestreando de 4 puntos diferentes los peces que se esperaban entraran en el parámetro establecido); cabe recalcar que por cualquier espécimen que no cumpliera con el parámetro establecido, se llevó un extra de 10 peces por cada sector; teniendo así entre los 3 sectores un total de 180 peces, haciendo 15 muestras compuestas de 12 ejemplares cada una, es decir, 5 muestras compuestas por sector.

### 4.4 PARTE EXPERIMENTAL <sup>(16)</sup>

#### 4.4.1 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE MUESTRA <sup>(16)</sup>

La recolección de muestras se realizó en cada sector ya definido anteriormente: Distrito de Riego de Atiocoyo, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán de la zona en estudio, se tomaron muestras por conveniencia de *Oreochromis spp.* tomando como ejemplo las recomendaciones del Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) siguientes:

- Condición del recipiente de muestreo. Se verificaron los recipientes de muestreo para garantizar el estado físico bruto, inspeccionando cuidadosamente las bolsas y botellas de plástico en busca de rasgaduras, agujeros y pinchazos o marcas.
- Etiquetado y registros. Se aseguro de que cada muestra fuera acompañada de una identificación con el número de muestra, el nombre del funcionario de recolección y fecha (Ver Anexo N°3).
- Almacenamiento. Se examinaron las muestras inmediatamente después de recibirlas. En este caso debido a que los sitios de muestreo estaban retirados y no era factible debido al tiempo realizar el análisis el mismo día de muestreo, se almacenaron las muestras hasta su análisis, refrigerándose por no más de 36 h para poder ser analizadas como muestras frescas.
- Manipulación de la muestra en el Laboratorio. Se utilizó una técnica aséptica al manipular las muestras. Antes de manipular o analizar la muestra, se limpiaron las áreas de trabajo inmediatas y circundantes.

#### 4.4.2 IDENTIFICACION DE LA MUESTRA <sup>(16)</sup>

Cada muestra se identificará con: Número de muestra, fecha, lugar de muestreo, hora de toma de muestra, nombre del analista. (Ver Anexo N°3)

##### 4.4.2.1 PREPARACION DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS

- Dividir los 60 peces del sitio de estudio en 5 grupos. Cada grupo representa una muestra compuesta.
- Colocar una bolsa de polietileno en una balanza, y tarar.

- Para la preparación de la muestra compuesta N°1 tomar de una forma aséptica 2.0 a 2.1 g de musculo superior/branquias de cada muestra.
- Depositar cada porción en la bolsa de polietileno. Al finalizar la bolsa de polietileno deberá tener un peso entre 25.0 a 25.2 g.
- Repetir procedimiento para la preparación de las muestras compuestas N°2 a la N°5.

#### 4.4.3 PREPARACION DE LAS DILUCIONES (Ver Anexo N°4) <sup>(16)</sup>

##### 4.4.3.1 PREPARACION DE LA DILUCION $10^{-1}$

- Pesar 25 g de muestra de una forma aséptica en una bolsa de polietileno.
- Adicionar 225 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente.
- Agitar por 2 minutos a 260 rpm por medio del Stomacher hasta obtener una suspensión completa y homogénea.
- Transferir la dilución a un frasco de vidrio.
- Rotular como dilución  $10^{-1}$ .

##### 4.4.3.2 PREPARACION DE LA DILUCION $10^{-2}$

- Transferir 10 mL de la dilución  $10^{-1}$  con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente.
- Agitar y Homogenizar mecánicamente durante 2 minutos.
- Rotular como dilución  $10^{-2}$ .

#### 4.4.3.3 PREPARACION DE LA DILUCION $10^{-3}$

- Transferir 10 mL de la dilución  $10^{-2}$  con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB).
- Agitar y homogenizar mecánicamente durante 2 minutos.
- Rotular como dilución  $10^{-3}$ .

#### 4.4.4 DETERMINACION DE *Escherichia coli* (Ver Anexo N°5) <sup>(16,17)</sup>

##### 4.4.4.1 PRUEBA PRESUNTIVA PARA *Escherichia coli* <sup>(16,17)</sup>

- Homogenizar las diluciones:  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$
- De cada una de las diluciones, Sembrar 1 mL de cada dilución en las placas de Petri estériles. Por duplicado.
- Cubrir con 12 a 15 mL de agar chromocult COLIFORMES.
- Mezclar con rotación en forma de ocho por 30 segundos el contenido de las placas con el agar. Dejar solidificar.
- Cubrir con 3 a 4 mL del mismo agar la superficie de la placa para inhibir el crecimiento en la superficie.
- Incubar las placas a 35-37 °C por 24 horas.
- Contar las colonias utilizando cuenta colonias
- El resultado positivo para Coliformes totales: colonias rosadas y moradas, y para *Escherichia coli*: colonias azules/moradas.

#### 4.4.4.2 PRUEBA CONFIRMATORIA DE *Escherichia coli*. (Ver Anexo N°6) <sup>(16,17)</sup>

- De las colonias positivas en chromocult para *E. coli* tomar 2-4 colonias y estriar en placas con agar EMB.
- Incubar las placas de forma invertida a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Observar el desarrollo de colonias verdosas con brillo metálico y centro negro azulado.

Especificación según el RTCA 67.04.50:17. Valor de aceptación para *Escherichia coli* es: De cinco muestras solamente una puede presentar entre 10 y 100 UFC/g, las otras cuatro muestras deben presentar <10 UFC/g. (Ver Anexo N°7)

#### 4.4.5 METODO PARA LA DETERMINACION DE *Staphylococcus aureus*. (Ver Anexo N°8) <sup>(16)</sup>

- Con una pipeta de 1.0 mL, pipetear 0.3, 0.3, 0.4 mL de la dilución  $10^{-1}$ .
- Inocular los 0.3, 0.3, 0.4 mL de la dilución  $10^{-1}$ , sobre la superficie de 3 placas que contienen Agar Baird-Parker.
- Distribuir el inóculo sobre la superficie de 3 placas que contienen el Agar Baird-Parker, por el método de extendido en placa.
- Esperar el tiempo necesario para que el inóculo sea absorbido.
- Incubar las placas de forma invertida a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Observar el desarrollo de colonias sospechosas de *Staphylococcus aureus*, que muestren las siguientes características: Aspecto negro, o gris oscuro, circulares, convexas, lisas, brillante, con formación de halo alrededor de la colonia.

#### 4.4.5.1 PRUEBA DE LA COAGULASA (Ver Anexo N°9) <sup>(16)</sup>

- Seleccionar 2-4 colonias sospechosa de *Staphylococcus aureus*.
- Transferir mediante una azada a un tubo conteniendo 5 mL de Caldo BHI (Brain Heart Infusión).
- Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Transferir de 2-3 asadas a un tubo que contenga 3 mL de plasma e Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Una prueba positiva al haber transcurrido el tiempo necesario produce la formación de un coágulo firme, que no se desvanece al invertir el tubo, indicando la presencia de *Staphylococcus aureus*.

Especificación según el RTCA 67.04.50:17. Valor de aceptación para *Staphylococcus aureus* es: De cinco muestras solamente una puede presentar entre 100 y 1000 UFC/g, las otras cuatro muestras deben presentar <10 UFC/g.

#### 4.4.6 METODO PARA LA DETERMINACION DE *Salmonella spp.* (Ver Anexo N°10) <sup>(16)</sup>

##### 4.4.6.1 AISLAMIENTO. <sup>(16)</sup>

- Pesar asépticamente 25 g de muestra en una bolsa de polietileno.
- Adicionar a la bolsa de polietileno 225 mL de Caldo Lactosado.
- Homogenizar en Stomacher por 2 minutos a 260 rpm.
- Transferir la dilución a un frasco de vidrio y rotular como dilución  $10^{-1}$ .
- Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Agitar la muestra incubada, transferir con una pipeta, 1.0 mL de la dilución  $10^{-1}$ , a un tubo con 9 mL de Caldo Tetrionato (TT); y 0.1 mL a un tubo que contiene 9.9 mL Caldo Rappaport (RP).

- Incubar el tubo que contiene Caldo Tetratonato (TT), a  $35 \pm 0.5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Incubar el tubo que contiene Caldo Rappaport Vassilidius (RPV), a  $42 \pm 0.5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Pasada las 24 horas, inocular por el método de estrías, sobre placas que contienen: Agar xilosa, Lisina y Desoxicolato (Agar XLD), Agar Salmonella Shigella (ASS).
- Incubar las placas de forma invertida a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.
- Examinar las placas mediante la búsqueda de colonias sospechosas de *Salmonella* de la siguiente manera:

Agar XLD: colonias traslucidas o negras, algunas veces tienen brillo metálico.

Agar SS: colonias translúcidas, o de color anaranjado claro ocasionalmente opacas. Algunas colonias dan centro negro. Las colonias fermentadoras de la lactosa son rojas.

#### 4.4.6.2 PRUEBA DE IDENTIFICACION BIOQUIMICA. <sup>(16)</sup>

##### 4.4.6.2.1 Prueba de TSI y H<sub>2</sub>S. <sup>(16)</sup>

- Seleccionar dos colonias típicas de cada medio selectivo.
- Inocular por picadura y estría en un tubo con Agar Triple Azúcar Hierro (TSI) inclinado e Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.

##### 4.4.6.2.2 PRUEBA DE AGAR LISINA HIERRO (LIA). <sup>(16)</sup>

- Seleccionar dos colonias típicas de cada medio selectivo.
- Inocular por picadura y estría en un tubo con Agar Lisina Hierro (LIA) inclinado, e Incubar a  $35 \pm 0,5$  °C por  $24 \pm 2$  horas.

Los resultados se compararán con la tabla de Prueba Bioquímicas (Ver Anexo N°11) y con los límites establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:17 para el grupo 9.0 “Grupo de Alimento: pescados, derivados, productos marinos y de agua dulce.” (Ver Anexo N°7)

#### 4.4.7 DETERMINACION DE *Vibrio cholerae* (Ver Anexo N°12) <sup>(16)</sup>

##### 4.4.7.1 ENRIQUECIMIENTO. <sup>(16)</sup>

- Preparas las diluciones de acuerdo a como se especificó en el apartado 4.4.3
- Incubar las diluciones a 35-37°C por 18-24 horas.

##### 4.4.7.2 AISLAMIENTO E IDENTIFICACION. <sup>(16)</sup>

- No agitar los frascos con las diluciones después de la incubación.
- Estriar en agar TCBS de cada dilución tomando una asada 1 cm. Debajo de la superficie del medio.
- Incubar a 35-37°C por 18-24 horas.
- Examinar las placas con agar TCBS e identificar las colonias típicas de *Vibrio*. Colonias típicas de *Vibrio cholerae* en TCBS: colonias largas de 2 a 3 mm lisas, amarillas y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas.

Los resultados se compararán los límites establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.04.50:17 para el grupo 9.0 “Grupo de Alimento: pescados, derivados, productos marinos y de agua dulce.” (Ver Anexo N°7)

#### 4.4.8 TABULACION DE DATOS

Los resultados obtenidos serán tabulados de acuerdo al número de muestra y zona a la que pertenecen, usando una tabla como herramienta que facilitara el manejo de los datos. (Ver Anexo N°13).

#### 4.5 Análisis estadístico

Los resultados cuantitativos que se obtuvieron fueron analizados por medio de un diseño completo al azar. La normalidad de los datos fue evaluada a través de la prueba estadística de Shapiro-Wilks. En el estudio no se contó con crecimiento cuantitativo en todos los sitios, por lo cual no se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si las medias difieren o no significativamente entre los sitios. Para la tabulación de los datos se utilizó plantillas de Excel, y para el análisis estadístico el programa “InfoStat/E versión 2020”.

#### 4.6 Formulas y cálculos utilizados

##### 4.6.1 Recuento en placa para *E. coli* y *S. aureus*

Para seleccionar los datos a utilizar en el recuento en placa, se tomarán en cuenta las placas de cada muestra que estén comprendidas entre 25 y 250 UFC, y que tengan mayor precisión entre si (menor rango de dispersión entre duplicados y menor coeficiente de dispersión). En este caso al trabajar con duplicados se tomará el promedio de ambos datos como las UFC.

Tabla "x". Cuadro de resultado final del recuento de microorganismo de estudio

Muestra	UFC	Dilución	Resultado (UFC/g)
Mx1	-	-	-
Mx2	-	-	-
Mx3	-	-	-
Mx4	-	-	-
Mx5	-	-	-

Los datos obtenidos por cada muestra compuesta de estudio se plantearán tal y como lo muestra la Tabla "x". Obteniendo un resultado final de UFC/g de microorganismo de estudio, calculándose en base a la siguiente formula:

$$\text{Resultado} = \text{UFC} \times 1 \text{ mL} \times \text{Inverso de la dilución}$$

Al finalizar se sacará un promedio de las cinco muestras compuestas, para obtener un valor final de las UFC/g en el sitio de estudio.

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Al iniciar el proceso experimental, como lo describe el diseño metodológico, las muestras de *Oreochromis spp.* que se utilizaron para el análisis de cada sector tenían un peso entre 200 a 400 g (Ver anexo 14).

- Lago de Suchitlán

Cuadro N° 6. Análisis de datos por medio de medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* del Lago de Suchitlán.

<b>Media (promedio)</b>	263.4
<b>Desviación estándar</b>	47.0
<b>Coefficiente de variación</b>	0.18

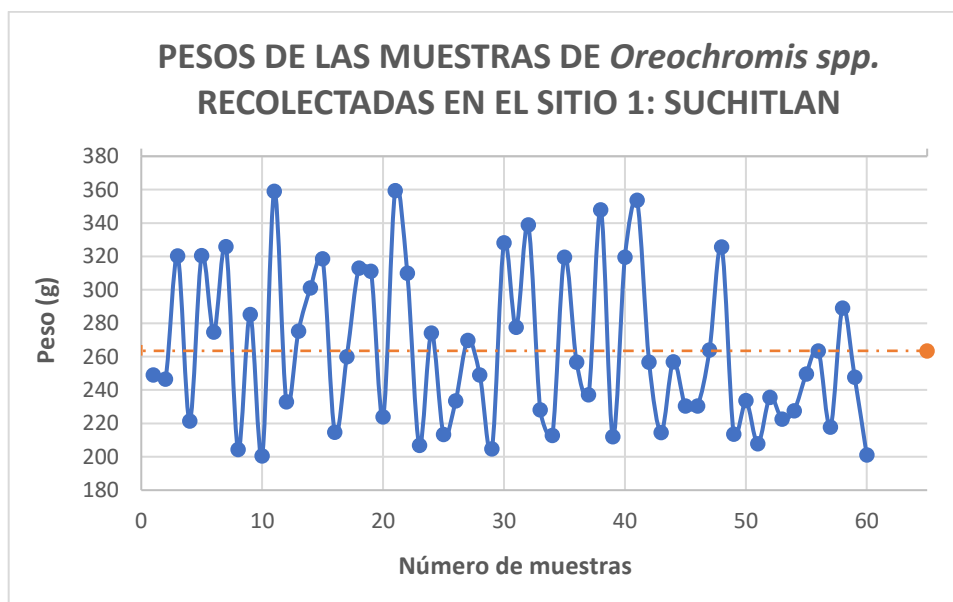


Figura N° 7. Pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* recolectadas en el Lago de Suchitlán.

En el cuadro N° 6 se presentan medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras recolectadas en el lago de Suchitlán, mostrando que la media de los pesos entra en el rango establecido (200-400 g), y junto con la dispersión estándar permiten obtener un coeficiente de variación cercano a cero, lo cual indica una baja dispersión entre los pesos obtenidos. Al observar la figura N° 7 se puede visualizar de una forma más fácil, los pesos de las muestras dentro del rango establecido.

- Lago de Ilopango.

Cuadro N° 7. Análisis de datos por medio de medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* del Lago de Ilopango.

<b>Media (promedio)</b>	270.1
<b>Desviación estándar</b>	40.9
<b>Coefficiente de variación</b>	0.15



Figura N° 8. Pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* recolectadas en el Lago de Ilopango.

En el cuadro N° 7 se presentan medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras recolectadas en el lago de Ilopango, mostrando que la media de los pesos entra en el rango establecido (200-400 g), y junto con la dispersión estándar permiten obtener un coeficiente de variación cercano a cero, lo cual indica una baja dispersión entre los pesos obtenidos, y al observar la figura N° 8 se puede visualizar de una forma más fácil, los pesos de las muestras dentro del rango establecido.

- Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

Cuadro N° 8. Análisis de datos por medio de medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

<b>Media (promedio)</b>	283.6
<b>Desviación estándar</b>	45.2
<b>Coefficiente de variación</b>	0.16

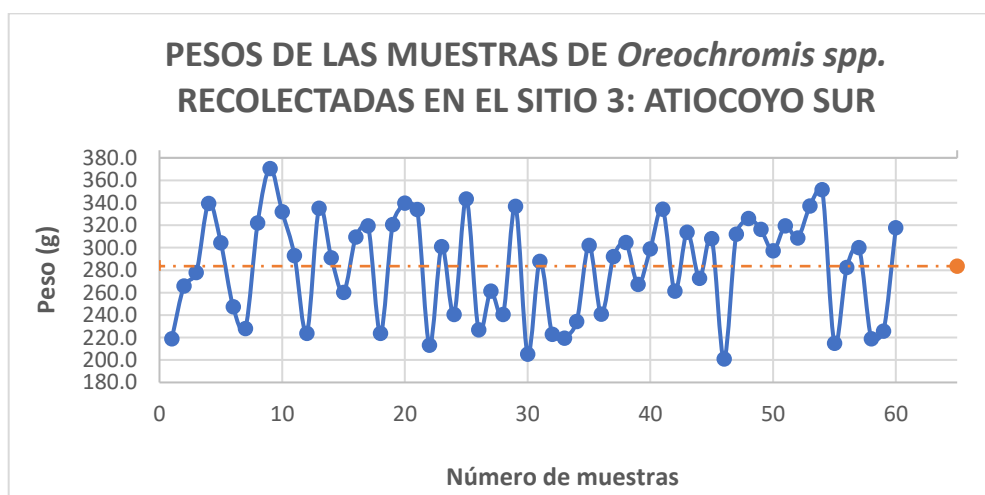


Figura N° 9. Pesos de las muestras de *Oreochromis spp.* recolectadas en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

En el Cuadro N°8 se presentan medidas de tendencia central y dispersión de los pesos de las muestras recolectadas en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, mostrando que la media de los pesos entra en el rango establecido (200-400 g), y junto con la dispersión estándar permiten obtener un coeficiente de variación cercano a cero, lo cual indica una baja dispersión entre los pesos obtenidos, y al observar la Figura N°9 se puede visualizar de una forma más fácil, los pesos de las muestras dentro del rango establecido.

## **5.1 IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS DE INTERES**

Un control de interés que se tomó en cuenta durante el análisis de cada sitio fue el ambiente, con el fin de asegurar que se mantuvo un ambiente controlado durante el proceso experimental, se llevó una placa de TSA por cada día en el que se realizó el análisis tanto para el Lago de Suchitlán (Ver Anexo N°15), Lago de Ilopango (Ver Anexo N°16) y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur (Ver Anexo N°17). Dando como resultado que en los tres sitios no se obtuvo crecimiento de microorganismos, asegurando así en la investigación que durante el proceso de análisis se mantuvo un ambiente controlado libre de microorganismos que pudieran comprometer o poner en duda los resultados obtenidos. Además para asegurar que no existiera un falso positivo se llevó un control negativo de todos los medios utilizados en los tres sitios de estudio (Ver Anexo N°18, 19, y 20).

### **5.1.1 DETERMINACION DE *Escherichia coli***

Parker & Parker (18) menciona que las fuentes de contaminación de *E. coli* son a través de los alimentos y agua contaminados con heces humanas o de animales; mencionando que la transmisión entre persona y persona puede ocurrir, pero es probable que sea menos común. Por lo cual se establece como parámetro el control de este microorganismo en productos pesqueros como la *Oreochromis spp.* con el fin de salvaguardar la salud del consumidor.

### 5.1.1.1 Lago de Suchitlán

La determinación de *E. coli* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias rosadas y azules en todas las placas; lo cual de acuerdo con la FDA (16) las colonias azules representan crecimiento de coliformes fecales. Tomando hasta este punto el resultado como crecimiento presuntivo de *E. coli*.

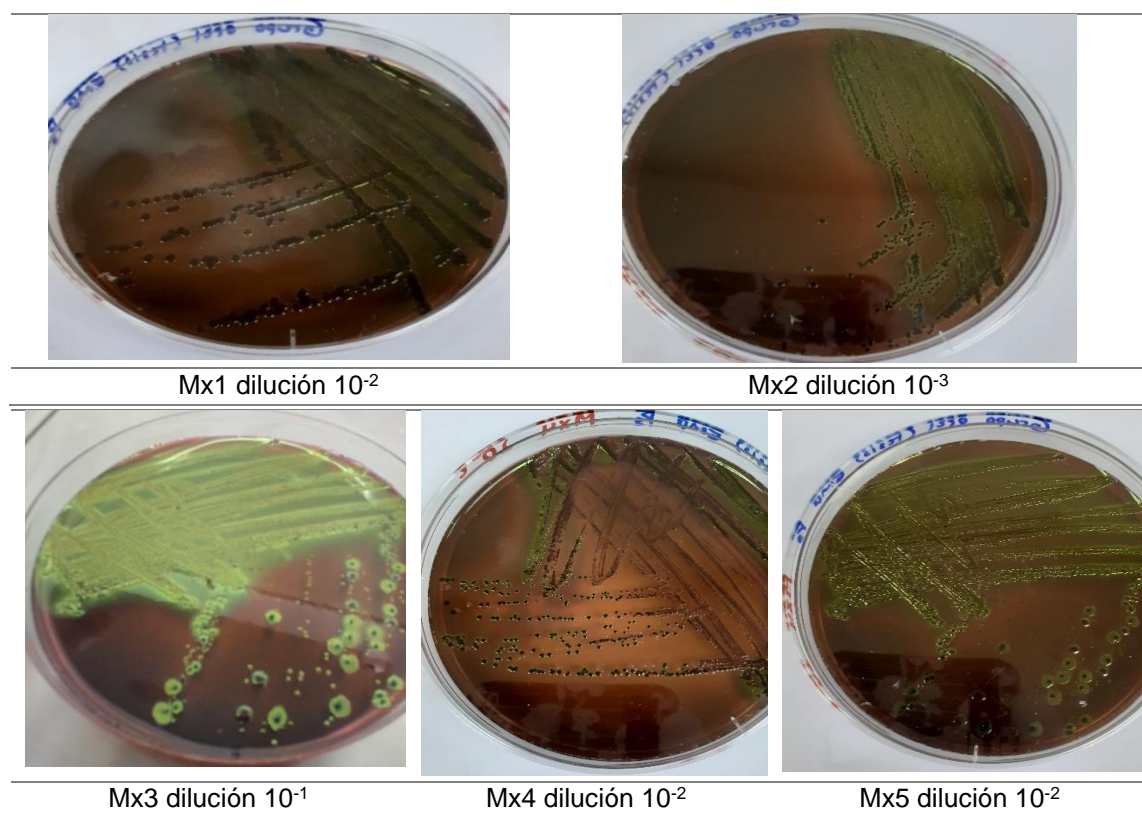


Figura N°10. Crecimiento confirmativo de *Escherichia coli* en agar EMB de las muestras del Lago de Suchitlán.

En la Figura N°10 Se muestran los resultados obtenidos en las pruebas confirmatorias de *E. coli*. Se obtuvo crecimiento de colonias verdes metálicas, que de acuerdo con la FDA (16) representa crecimiento confirmatorio de *Escherichia coli*, determinando presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Suchitlán.

### 5.1.1.2 Lago de Ilopango

La determinación de *E. coli* en las muestras produjo como resultado únicamente crecimiento de colonias rosadas, en todas las placas; lo cual de acuerdo con la FDA (16) las colonias rosadas representan crecimiento de coliformes totales. Por lo cual, se determina ausencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Ilopango.

### 5.1.1.3 Distrito de riego de Atiocoyo Sur

La determinación de *E. coli* en las muestras produjo como resultado únicamente crecimiento de colonias rosadas, en todas las placas; lo cual de acuerdo con la FDA (16) las colonias rosadas representan crecimiento de coliformes totales. Por lo cual, se determina ausencia de este microorganismo en muestras analizadas del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

Tabla N°1. Recuento de Coliformes Totales y *E. coli* obtenido en los tres sitios de estudio.

Sitio de muestreo	Morfología esperada de coliformes totales	Morfología observada	Recuento promedio por morfología (UFC)					Factor de dilución	Coliformes totales (UFC/g)	<i>E. coli</i> (UFC/g)
			R1	R2	R3	R4	R5			
Lago de Suchitlán	Rosadas	Rosadas	41	19	132	22	133	10 <sup>-2</sup> (R:1,2,4)	2.2x10 <sup>3</sup>	2.0x10 <sup>3</sup>
								10 <sup>-1</sup> (R:3,5)		
	Azules	Azules	169	21	16	35	123	10 <sup>-2</sup> (R:2,3,4)		
								10 <sup>-1</sup> (R: 1,5)		

Tabla N°1. Continuación

Sitio de muestreo	Morfología esperada de coliformes totales	Morfología observada	Recuento promedio por morfología (UFC)					Factor de dilución	Coliformes totales (UFC/g)	<i>E. coli</i> (UFC/g)
			R1	R2	R3	R4	R5			
Lago de Ilopango	Rosadas	Rosadas	73	45	21	47	312	10 <sup>-1</sup>	1.0x10 <sup>3</sup>	<10
	Azules	-	-	-	-	-	-	-		
Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	Rosadas	Rosadas	136	188	42	28	37	10 <sup>-1</sup> (R:1,4,5)	3.9x10 <sup>4</sup>	<10
								10 <sup>-2</sup> (R:3)		
								10 <sup>-3</sup> (R: 2)		
	Azules	-	-	-	-	-	-	-		

Adicionalmente la confirmación de la identidad de *E. coli* arrojó los resultados presentados en la Tabla N°1, donde se puede observar el recuento de coliformes totales y *E. coli* obtenido en los tres sitios de estudio. (Ver Anexo N°21,22,23 y 24). Determinando que solo se encontró presencia de *E. coli* en el Lago de Suchitlán con un recuento de 2.0x10<sup>3</sup>.

Heymann (19) menciona que la contaminación de *E. coli* en alimentos se puede atribuir al ganado y un control no adecuado de su contenido fecal, tanto en su crianza como al momento del sacrificio sumándose a esto el agua contaminada por mismo contacto con el ganado; explicando que la contaminación por *E. coli* de lagos, ríos y arroyos ocurre regularmente a través de escorrentía contaminada de fincas cercanas.

Romero & Rivera (17) fundamenta la información de Heymann mencionando que la determinación de *E. coli* en muestras de *Oreochromis spp.* se puede atribuir a que tanto en manipuladores como en el agua hay contaminación de origen fecal, que por ende en branquias y carne de tilapia es normal que se encuentre. Como un punto importante a resaltar se menciona que durante el muestreo los acuicultores en los 3 sitios evitaban una manipulación innecesaria de la tilapia durante su recolección, y toda manipulación por parte de los analistas se llevó a cabo con uso de guantes, por lo que en el caso del Lago de Suchitlán que se obtuvo crecimiento de este microorganismo, su posible origen de contaminación se puede guiar por el agua de cultivo utilizada.

Merino & Flores (20) mencionan que en el Distrito de Riego la principal fuente de abastecimiento de agua es el Río Sucio, del cual se toma el agua para los cultivos por medio de un sistema de canales abiertos, siendo además uno de los ríos más contaminados del país, por lo cual utilizar sus aguas sin tratamientos de descontaminación para la producción de alimentos, representa un enorme riesgo a la salud humana.

Mena (21) también menciona que el lago de Ilopango presenta condiciones alcalinas y valores de oxígeno disuelto que varía entre 5.46 y 9.28 mg/L lo cual son condiciones aerobias muy buenas para el desarrollo de la vida acuática. Además, la calidad bacteriológica del lago de Ilopango evaluada a través del indicador coliformes fecales, muestra ausencia de dicho indicador de contaminantes por heces fecales, atribuyéndolo a las toxinas generadas por las algas verdes azules con cierto factor bactericida.

Por lo que al no obtener crecimiento de *E. coli* en muestras del Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, se puede estimar que el agua utilizada para

el cultivo de tilapia puede ser adecuada, demostrando una posible implementación de Buenas prácticas acuícolas e higiénicas por parte de los productores, dejando como un futuro punto de estudio la determinación de los posibles tratamientos causantes de la buena calidad, para aplicarlos en sitios que presentan problemas, como el Lago de Suchitlán.

### 5.1.2 DETERMINACIÓN DE *Staphylococcus aureus*

Honeyman et al (13) explica que el consumo de alimentos contaminados con *S. aureus* produce síntomas de diarrea, vómitos y calambres abdominales; mencionando que los manipuladores son la fuente habitual de contaminación bacteriana debido a que las cepas humanas de *S. aureus* son las que tienen mayor probabilidad de producir enterotoxinas que las cepas asociadas a los animales. Observándose la importancia del cuidado que se debe de tener al manipular la *Oreochromis spp.* durante su cultivo, comercialización y consumo.

#### 5.1.2.1 Lago de Suchitlán

La determinación de *S. aureus* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias negras circulares, lisas y brillante, lo cual de acuerdo con la FDA (16) estas colonias representan crecimiento de *S. aureus*. Tomando hasta este punto el resultado como crecimiento presuntivo.

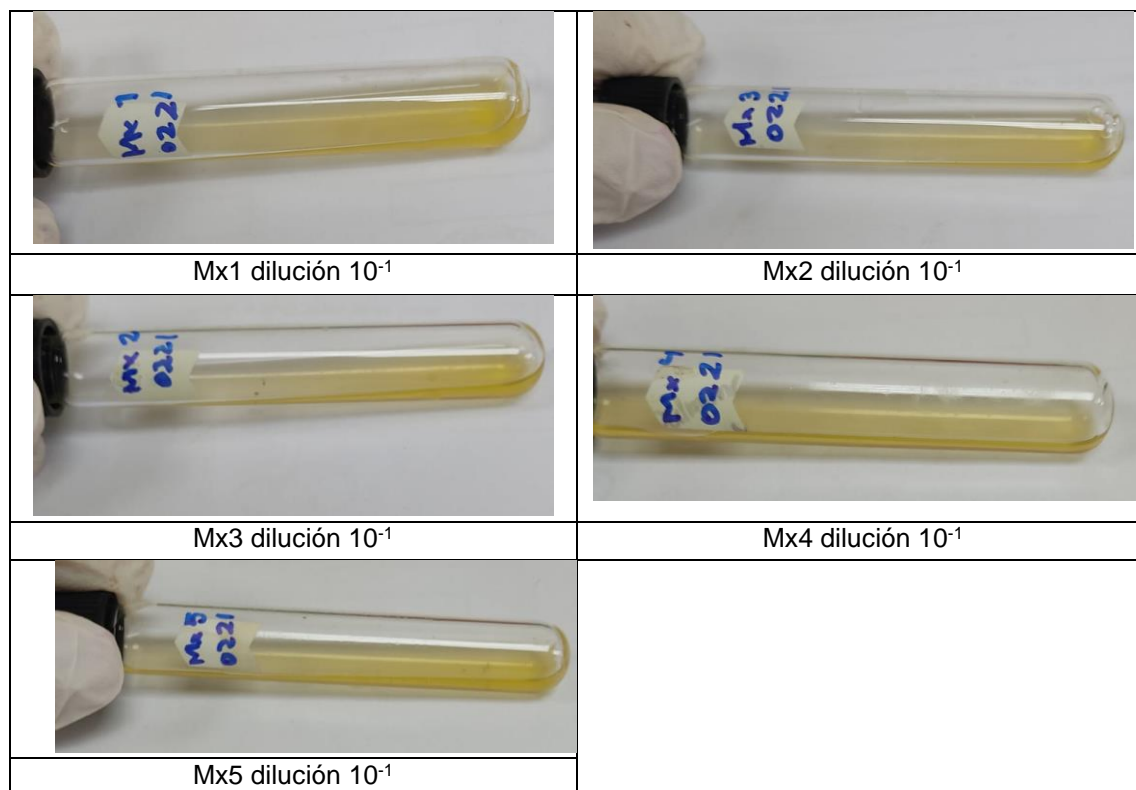


Figura N°11. Prueba de coagulasa para confirmación de *S. aureus*. de las muestras del Lago de Suchitlán.

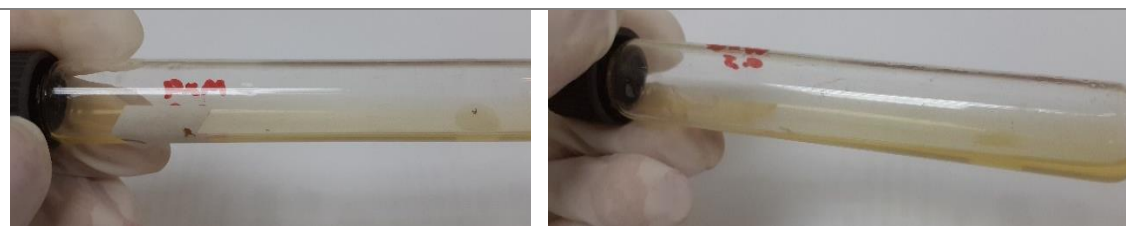
En la Figura N°11 se reflejan los resultados de la prueba de coagulasa. Se sembraron 2 a 4 colonias sospechosa de cada muestra compuesta, obteniéndose en las 5 muestras formación de coagulo negativo, determinando ausencia de *S. aureus* en las muestras analizadas del Lago de Suchitlán.

#### 5.1.2.2 Lago de Ilopango

La determinación de *S. aureus* en las muestras produjo como resultado ausencia de crecimiento, en todas las placas; Por lo cual, se determina ausencia de *S. aureus* en muestras analizadas del Lago de Ilopango.

### 5.1.2.3 Distrito de riego de Atiocoyo Sur

La determinación de *S. aureus* en las muestras produjo como resultado ausencia de crecimiento, en todas las placas; Exceptuando por las placas de la muestra compuesta N°2, por lo cual se toma el resultado como crecimiento presuntivo de este microorganismo.



Mx2 dilución  $10^{-1}$  por duplicado

Figura N°12. Prueba de coagulasa para confirmación de *S. aureus* en Mx2 del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

En la Figura N°12 se reflejan los resultados de la prueba de coagulasa. Se sembraron 2 a 4 colonias sospechosa de la muestra compuesta N°2, obteniéndose formación de coagulo negativo, determinando ausencia de *S. aureus* en todas las muestras analizadas del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

Tabla N°2. Recuento de *Staphylococcus aureus* obtenido en los tres sitios de estudio.

Sitio de muestreo	Morfología esperada	Morfología observada	Recuento promedio por morfología (UFC)					<i>S. aureus</i> (UFC/g)	Observaciones
			R1	R2	R3	R4	R5		
Lago de Suchitlán	BP*	Colonias negras, circulares, lisas, sin halo	-	-	-	-	-	<10	Posible crecimiento de <i>S. epidermidis</i> o <i>Proteus mirabilis</i> .
	Plasma*	Ausencia							

Tabla N°2. Continuación

Sitio de muestreo	Morfología esperada	Morfología observada	Recuento promedio por morfología (UFC)					S. aureus (UFC/g)	Observaciones
			R1	R2	R3	R4	R5		
Lago de Ilopango	BP*	Ausencia	-	-	-	-	-	<10	-
	Plasma*	-							
Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	BP*	Colonias negras, circulares, lisas, sin halo	-	-	-	-	-	<10	Posible crecimiento de <i>S. epidermidis</i> o <i>Proteus mirabilis</i> .
	Plasma*	Ausencia							

\*Plasma: Formación de coagulo firme, que no se desvanece al invertir el tubo.

\*Baird Parker (BP): Colonias negras, circulares, convexas, lisas, brillante, con formación de halo alrededor de la colonia.

En la Tabla N°2 se reflejan los resultados obtenidos del análisis de *S. aureus* en los tres sitios de estudio. En este caso, al haber tenido crecimiento de colonias características en el medio Baird Parker, producto de la reducción del telurito de potasio, se consideran algunos posibles microorganismos que podrían haber estado presentes, siendo estos: *S. epidermidis* o *Proteus mirabilis*, lo cual concuerda con la teoría en cuanto a la inactividad de lecitina, que evita la formación de halo alrededor de las colonias. (Ver Anexo N°25)

Romero & Rivera (17) menciona que en su estudio las muestras analizadas de tilapia de la zona de Atiocoyo no presentaron presencia de *S. aureus*; sin embargo, el análisis a las manos de los manipuladores arrojó presencia de *S. epidermidis*, lo cual indicaba una posible fuente de contaminación de *Staphylococcus spp.*

Payeres et al (22) menciona que cuando los productos pesqueros provienen de fuentes contaminadas o una manipulación no adecuada, el consumo crudo o ligeramente cocido puede ser causa de brotes de enfermedades que pueden conducir a problemas de salud pública. Mencionando que las fuentes de contaminación principales de *S. aureus* se basa en los manipuladores y utensilios utilizados para el proceso de cultivo.

Freeman L & Freeman K (23) refuerzan lo anterior explicando que una causa común es la contaminación no intencional de los alimentos por parte de los trabajadores de alimentos que están colonizados con *S. aureus*. Si los alimentos no se mantienen a la temperatura adecuada, las bacterias crecen y producen toxinas, siendo estas las responsables de producir intoxicación alimentaria.

Por lo que al tener leve crecimiento de colonias negras con coagulasa negativa en el Lago de Suchitlán y el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, se puede asumir que hay crecimiento de otros microorganismos. Al tener los 3 sitios de estudio con resultado <10 UFC de *S. aureus* en las muestras analizadas, se puede determinar que existe una manipulación y uso de utensilios adecuados durante el cultivo de tilapia; aclarando que durante el muestreo los acuicultores en los 3 sitios evitaban una manipulación innecesaria de la tilapia durante su recolección.

### 5.1.3 DETERMINACIÓN DE *Salmonella spp.*

Bell (24) menciona que Las principales fuentes de *Salmonella spp.* se encuentran en el tracto gastrointestinal de humanos, animales domésticos y salvajes, pájaros y roedores; como consecuencia, están muy extendidos en el entorno natural, incluido el suelo y aguas. Explicando que las rutas de transmisión a los humanos son principalmente entre humanos, de los animales a través del suministro de alimentos y agua, y el medio ambiente.

#### 5.1.3.1 Lago de Suchitlán

La determinación de *Salmonella spp.* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias con ciertas características tanto en las placas de SS como de XLD; lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Salmonella spp.* En los resultados obtenidos en las pruebas confirmatorias de *Salmonella spp.*, Se obtuvo formación de fondo color morado B/B en los tubos de LIA y fondo color amarillo B/A en los tubos de TSI, algunos tubos con ennegrecimiento por la formación de H<sub>2</sub>S, que de acuerdo con la FDA (16) representa crecimiento presuntivo de *Salmonella spp.*, determinando posible presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Suchitlán.

#### 5.1.3.2 Lago de Ilopango

La determinación de *Salmonella spp.* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias con ciertas características tanto en las placas de SS como de XLD; lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Salmonella spp.* En los resultados obtenidos en las pruebas confirmatorias de *Salmonella spp.*, Se obtuvo formación de fondo color morado B/B en los tubos de LIA y fondo color amarillo B/A en los tubos de TSI, algunos tubos con ennegrecimiento por la formación de H<sub>2</sub>S, que de acuerdo con la FDA (16) representa crecimiento presuntivo de *Salmonella spp.*, determinando posible presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Ilopango.

#### 5.1.3.3 Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

La determinación de *Salmonella spp.* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias con ciertas características tanto en las placas de SS como de XLD (ver figura N°13); lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Salmonella spp.* (Ver Anexo N°10)

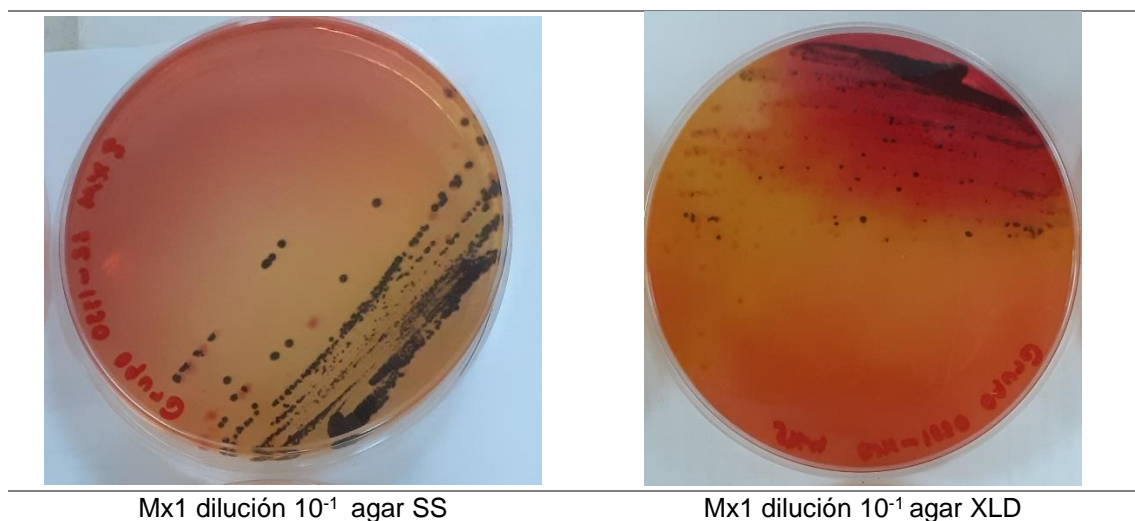


Figura N°13. Crecimiento presuntivo de *Salmonella spp.* en Agar SS y XLD

En los resultados obtenidos en las pruebas confirmatorias de *Salmonella spp.*, Se obtuvo formación de fondo color morado B/B en los tubos de LIA y fondo color amarillo B/A en los tubos de TSI , algunos tubos con ennegrecimiento por la formación de H<sub>2</sub>S que de acuerdo con la FDA (16) representa crecimiento presuntivo de *Salmonella spp.*, determinando posible presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

En la tabla N°14 se reflejan los resultados obtenidos del análisis de *Salmonella spp.* en los tres sitios de estudio. En este caso, ante el crecimiento de colonias características en el medio XLD y SS, se consideran algunos posibles microorganismos que podrían haber estado presentes, siendo este: *Proteus mirabilis*, lo cual concuerda con la teoría debido a las características similares con *Salmonella spp.* (Ver Anexo N°26 Y 27)

Tabla N°3. Determinación de *Salmonella spp.* obtenido en los tres sitios de estudio.

Sitio de muestreo	Repetición	Morfología esperada	Morfología observada	Pruebas bioquímicas esperadas	Pruebas bioquímicas observadas	Presencia/Ausencia de <i>Salmonella spp.</i>	Observaciones
Lago de Suchitlán	R1	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo sin ennegrecimiento	No concluyente	Posible crecimiento de <i>Proteus mirabilis</i> , debido a las colonias características tanto en los medios XLD y SS son similares a las de <i>Salmonella spp.</i> , además que en pruebas bioquímicas de LIA y TSI puede producir H <sub>2</sub> S
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado sin ennegrecimiento		
	R2	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo sin ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado sin ennegrecimiento		
	R3	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R4	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R5	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		

Tabla N°3. Continuación

Sitio de muestreo	Repetición	Morfología esperada	Morfología observada	Pruebas bioquímicas esperadas	Pruebas bioquímicas observadas	Presencia/Ausencia de <i>Salmonella spp.</i>	Observaciones
Lago de Ilopango	R1	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento	No concluyente	Posible crecimiento de <i>Proteus mirabilis</i> , debido a las colonias características tanto en los medios XLD y SS son similares a las de <i>Salmonella spp.</i> , además que en pruebas bioquímicas de LIA y TSI puede producir H <sub>2</sub> S
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R2	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R3	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R4	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R5	XLD*	colonias translucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo sin ennegrecimiento		
		SS*	colonias translucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		

Tabla N°3. Continuación

Sitio de muestreo	Repetición	Morfología esperada	Morfología observada	Pruebas bioquímicas esperadas	Pruebas bioquímicas observadas	Presencia/ Ausencia de <i>Salmonella spp.</i>	Observaciones
Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	R1	XLD*	colonias traslucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento	No concluyente	Posible crecimiento de <i>Proteus mirabilis</i> , debido a las colonias características tanto en los medios XLD y SS son similares a las de <i>Salmonella spp.</i> , además que en pruebas bioquímicas de LIA y TSI puede producir H <sub>2</sub> S
		SS*	colonias traslucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R2	XLD*	colonias traslucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias traslucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R3	XLD*	colonias traslucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias traslucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R4	XLD*	colonias traslucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo con ennegrecimiento		
		SS*	colonias traslucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		
	R5	XLD*	colonias traslucidas/negras, medio con cambio a color amarillo	TSI*	Fondo amarillo sin ennegrecimiento		
		SS*	colonias traslucidas/negras	LIA*	Fondo morado con ennegrecimiento		

\*XLD: colonias rojas, algunas con centro negro. Inicialmente el medio se torna amarillo.

\*SS: colonias translúcidas, o de color anaranjado claro ocasionalmente opacas.

\*LIA: Fondo de color morado B/B con ennegrecimiento por H<sub>2</sub>S

\*TSI: Fondo de color amarillo B/A con ennegrecimiento por H<sub>2</sub>S

El resultado final en los análisis de *Salmonella spp.* en los tres sitios de estudio mostrados en la tabla N°3 se determinan como no concluyentes, debido a que las colonias características obtenidas no son completamente específicas a las indicadas, por lo cual se hace realizará una revisión a el método y se recomendaran posibles mejoras a implementar para separar mejor la *Salmonella* del ecosistema de bacterias que se obtienen.

Romero & Rivera (17) menciona que la presencia de *Salmonella spp.* depende del medio ambiente donde se encuentra la zona de cultivo, y de la calidad del agua utilizada. Recordando que al no conocer la especie de *Salmonella*, se desconoce si es *Salmonella bongori* que es de origen animal, o *Salmonella entérica* que es de origen humano.

Osorio et al (25) menciona que en su estudio la carne mecánicamente separada de tilapia en jaulas flotantes presentaron *Salmonella spp.*, contaminación que atribuyeron posiblemente a una mala manipulación en la planta de proceso para la obtención de este coproducto, lo que limita su utilización. Haciendo énfasis en la importancia de los cuidados a tener durante su manipulación y en cuanto al agua involucrada a utilizar.

Echandi & Ulate (26) menciona que en su estudio no se logró aislar *Salmonella spp.*, lo cual menciona que evidenciaba la buena calidad del agua utilizada en la crianza de esos peces. Por lo cual al tener crecimiento de *Salmonella spp.* en los 3 sitios de estudio se puede atribuir como posibles fuentes de contaminación la zona de cultivo y la calidad del agua.

#### 5.1.4 Determinación de *Vibrio cholerae*

Drasar & Forrest (27) mencionan que las enfermedades diarreicas son una casusa importante de mortalidad y morbilidad, en donde el *Vibrio cholerae* es una importante causa de diarrea tanto en niños como adultos: esta enfermedad comienza con la ingestión de un alimento o agua que actúa como vehículo que contiene *Vibrio cholerae* patógeno. Provocando así una serie de adaptaciones que le permitan colonizar el intestino delgado y causar problemas al consumidor.

##### 5.1.4.1 Lago de Suchitlán

La determinación de *Vibrio cholerae* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias características (ver figura N°14); lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Vibrio spp.*

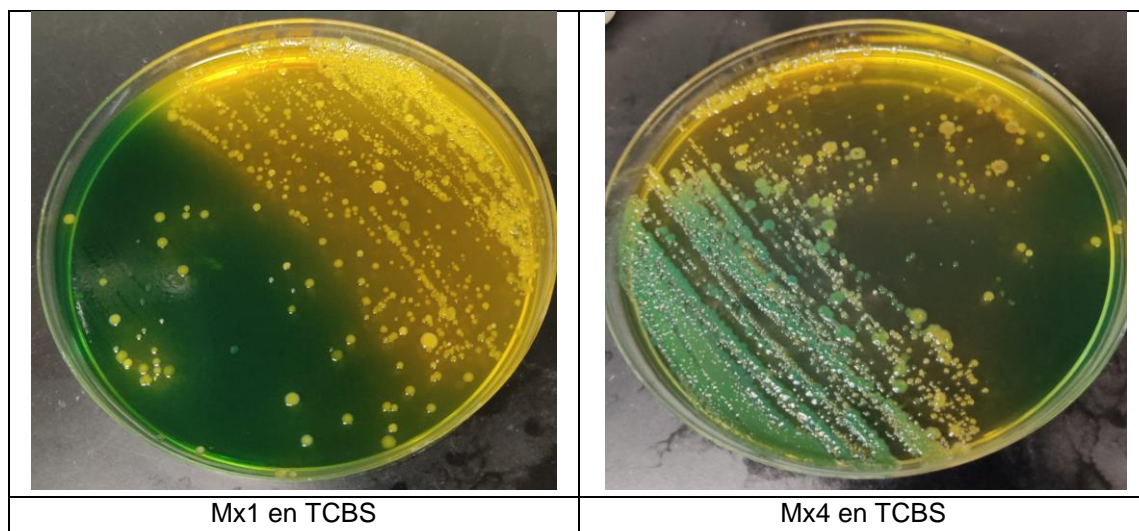


Figura N°14. Crecimiento presuntivo de *Vibrio spp.* en Agar TCBS

Para realizar la confirmación de la presencia *Vibrio cholerae* se realiza una prueba confirmatoria, siendo en este caso el análisis por medio del Vitek 2 (Ver Anexo N°28). Dando como resultado que no había presencia de *Vibrio spp.* y por medio de la prueba del antibiograma se determinó con un 95% de probabilidad que en el sitio 1, el microorganismo presente era *Aeromona hydrophila*.

#### 5.1.4.2 Lago de Ilopango

La determinación de *Vibrio cholerae* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias características; lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Vibrio spp.* Para realizar la confirmación de la presencia *Vibrio cholerae* se realiza una prueba confirmatoria, siendo en este caso el análisis por medio del Vitek 2 (Ver Anexo N°28). Dando como resultado que no había presencia de *Vibrio spp.* y por medio de la prueba del antibiograma se determinó con un 95% de probabilidad que en el sitio 2, el microorganismo presente era *Pseudomona mendocina*.

#### 5.1.4.3 Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

La determinación de *Vibrio cholerae* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias características; lo cual de acuerdo con la FDA (16) representan crecimiento presuntivo *Vibrio spp.* Para realizar la confirmación de la presencia *Vibrio cholerae* se realiza una prueba confirmatoria, siendo en este caso el análisis por medio del Vitek 2 (Ver Anexo N°28). Dando como resultado que no había presencia de *Vibrio spp.* y por medio de la prueba del antibiograma se determinó con un 95% de probabilidad que en el sitio 3, el microorganismo presente era *Pseudomona mendocina*.

Tabla N°4. Determinación de *V. cholerae* obtenido en los tres sitios de estudio.

Sitio de muestreo	Repetición	Morfología esperada en TCBS	Morfología esperada en TCBS	Presencia/Ausencia de <i>V. cholerae</i>	Observaciones				
Lago de Suchitlán	R1	Colonias largas de 2 a 3 mm lisas, amarillas y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Colonias lisas, amarillas/verdes y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Ausencia	Se determino con un 95% de probabilidad que es <i>Aeromona hydrophila</i>				
	R2								
	R3								
	R4								
	R5								
Lago de Ilopango	R1			Colonias largas de 2 a 3 mm lisas, amarillas y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Colonias lisas, amarillas/verdes y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Ausencia	Se determino con un 95% de probabilidad que es <i>Pseudomona mendocina</i>		
	R2								
	R3								
	R4								
	R5								
Distrito de Riego de Atiocoyo Sur	R1					Colonias largas de 2 a 3 mm lisas, amarillas y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Colonias lisas, amarillas/verdes y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas	Ausencia	Se determino con un 95% de probabilidad que es <i>Pseudomona mendocina</i>
	R2								
	R3								
	R4								
	R5								

Romero & Rivera (17) mencionan que la presencia de *Vibrio spp.* representan un potencial peligro para la salud de los consumidores y su presencia depende principalmente del medio ambiente donde se encuentra la zona de cultivo y de la calidad del agua utilizada. Por lo cual al no tener crecimiento de *Vibrio spp.* en los 3 sitios de estudio se puede atribuir una manipulación de la zona de cultivo y la calidad del agua adecuada; sin embargo, teniendo en cuenta que hay aspectos

que se deben mejorar ante la presencia de *Salmonella spp.* localizada de igual forma en los 3 sitios de estudio.

Además Mahmoud (28) menciona que las bacterias (bacterias autóctonas) que pertenecen a la microflora natural del pescado son: *Clostridium botulinum*, *Vibrio spp. patógeno*, y *Aeromonas hydrophila*. Lo cual explicaría parte de los resultados que dio el antibiograma realizado a las muestras de estudio.

## 5.2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS LIMITES ESTABLECIDOS EN EL RTCA 67.04.50:17 1RA REVISION

### 5.2.1 COMPARACION DE *Escherichia coli*

#### 5.2.1.1 Lago de Suchitlán

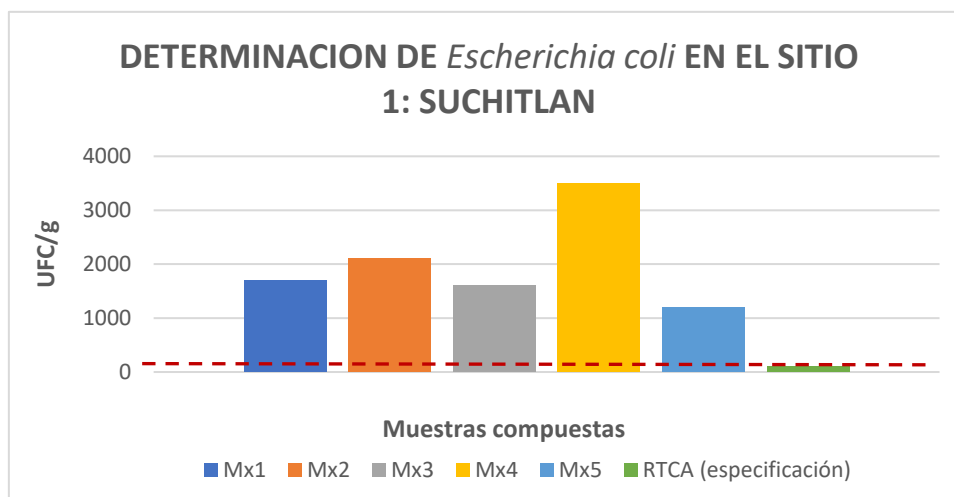


Figura N°15. Gráfico comparativo de *Escherichia coli* de las muestras estudiadas en el Lago de Suchitlán con el límite establecido por el RTCA 67.04.50:17.

En la Figura N°15 se reflejan los resultados de la tabla N°7. Al comparar los resultados de las muestras compuestas individuales del sitio 1: Suchitlán contra la especificación del RTCA 67.04.50.17 se puede observar que ninguna muestra cumple con la especificación, dato que por análisis directo permite dictaminar que el sitio N°1: Suchitlán no cumple con la especificación para *Escherichia coli*.

#### 5.2.1.2 Lago de Ilopango y Distrito de Riego Atiocoyo Sur

En el caso de las muestras estudiadas como se mencionó anteriormente no se obtuvo crecimiento, por lo cual el resultado se reporta como el inverso de la dilución menor, <10 UFC/g. Al comparar los resultados contra la especificación del RTCA 67.04.50.17 se puede observar que ambos sitios cumplen con la especificación.

Con base a lo observado en los tres sitios de estudio, se deduce que una posible fuente de contaminación en el caso del Lago de Suchitlán debe estar relacionada a la calidad del agua, las especies de animales que habitan a las orillas y afluentes del lago, a las mismas especies acuáticas y a las aguas negras que puedan dar directamente de las comunidades aledañas al sitio en estudio.

#### 5.2.1.3 Análisis estadístico

El Cuadro N°9 muestra la prueba de normalidad para verificar si los datos obtenidos en la determinación de *E. coli* tienen una distribución normal. En este caso solo se determinó crecimiento en un sitio de estudio. Se puede observar que en el Lago de Suchitlán el valor obtenido de P es mayor a 0.05, es decir si cumple con el supuesto de normalidad.

Cuadro N°9. Prueba de normalidad Shapiro Wilks para la determinación de *E. coli* en las muestras analizadas del Lago de Suchitlán.

Lago	N	Media	Desviación estándar	P
Suchitlán	5	2020	887.13	0.3120

En este caso no se realizó el análisis de varianza (ANOVA) debido a que solo un sitio reporta valores de crecimiento de *E. coli*. Al no reportar crecimiento otros sitios de estudio no se puede analizar la varianza entre diferentes grupos.

## 5.2.2 COMPARACION DE *Staphylococcus aureus*

### 5.2.2.1 Lago de Suchitlán, Lago de Ilopango y Distrito de riego Atiocoyo Sur.

En el caso de las muestras analizadas para *Staphylococcus aureus*, ninguno de los tres sitios de estudio dio un resultado positivo para esta especie, por tanto, no se presentan gráficos ni recuentos de este microorganismo, reportándose como un valor menor a la dilución, quedando < 10 UFC/g para los 3 sitios. Al comparar los resultados contra la especificación del RTCA 67.04.50.17 se puede observar que los tres sitios cumplen con la especificación.

### 5.2.3 COMPARACION DE *Salmonella spp.*

El análisis realizado para la determinación de *Salmonella spp.* fue cualitativo, debido a que el RTCA 67.04.50:17 establece que debe de haber ausencia de este microorganismo. En los tres sitios de estudio se obtuvo crecimiento en medios XLD y SS; posterior al crecimiento, dando positivo a las pruebas de TSI y LIA. Debido a que no se realizaron pruebas automatizadas que confirmen con exactitud su presencia.

Dunbar & Jacobson (12) mencionan que la *Salmonella spp.* es un género con una gran diversidad de cepas que se han clasificado en innumerables especies en función del tipo antigénico. Los pacientes que padecen salmonelosis tienen niveles relativamente altos del organismo, por lo que la detección en estos individuos no es un problema importante. Sin embargo, la comprobación de la presencia de *Salmonella* en muestras de alimentos es difícil debido al requisito de que haya menos de una *Salmonella* por cada 25 g.

Por otra parte lo observado en los sitios de estudio refleja que una posible fuente de contaminación debe estar relacionada a la calidad del agua, las especies de animales que habitan a las orillas y afluentes del lago, a las mismas especies acuáticas y a las aguas negras que puedan dar directamente de las comunidades aledañas al sitio en estudio.

#### 5.2.4 COMPARACION DE *Vibrio cholerae*

El análisis realizado para la determinación de *Vibrio cholerae* fue cualitativo, debido a que el RTCA 67.04.50:17 establece que debe haber ausencia de este microorganismo. Al momento de realizar la prueba del Vitek 2 se determinó que no había presencia de *Vibrio spp.* Pero si se determinó con un 95% de probabilidad que en la muestra del sitio N°2 y 3 el Microorganismo presente era *Pseudomonas mendocina*, y en la muestra del sitio N°1 era *Aeromonas hydrophila*.

Sikora (14) menciona La persistencia de *V. cholerae* en hábitats naturales en los hábitats naturales es un factor crucial en la epidemiología del cólera. El cólera sigue siendo una de las principales amenazas de enfermedades infecciosas a nivel mundial y, por lo tanto, la comprensión de los mecanismos fundamentales de la virulencia de *V. cholerae* y su supervivencia en el medio ambiente es un requisito previo para el desarrollo de nuevos tratamientos terapéuticos o medidas preventivas.

Para finalizar en el Cuadro N°10 se puede observar el dictamen final de los resultados encontrados en cada sitio de estudio de acuerdo a los microorganismos que establece el RTCA 67.04.50:17.

### **5.3 Artículo científico**

Se elaboro un artículo científico de acuerdo al formato establecido por la revista Minerva, detallando de manera concisa los resultados obtenidos en el estudio (Ver Anexo N°30).

### **5.4 Informe científico**

Se elaboro un informe científico detallando de manera concisa los resultados obtenidos en el estudio, dejando como cumplimiento del objetivo la carta firmada por representante del MAG-CENDEPESCA (Ver Anexo N°29)

Cuadro N° 10. Tabla de resultados obtenidos en los tres sectores de estudio.

ZONA DE MUESTREO	MICROORGANISMO	Especificación		Resultado	Dictamen
		Limite m	Limite M		
<b>Lago de Suchitlán(1)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	2x10 <sup>3</sup> UFC/g	No Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	No concluyente	No concluyente
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple
<b>Lago de Ilopango (2)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	No concluyente	No concluyente
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple
<b>Zona de Riego Atiocoyo Sur (3)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	No concluyente	No concluyente
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. Se determinó la presencia de *Escherichia coli* en niveles arriba de 100 UFC/g en todas las muestras tomadas del lago de Suchitlán , lo cual indica que no cumple el límite máximo establecido por el RTCA para este patógeno en este alimento.
2. En los sitios de muestreo 2 y 3: Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, no se encontró presencia de *E. coli*; sin embargo, se encontró presencia de coliformes totales.
3. La presencia de coliformes totales indica que existe una vía de contaminación de este tipo de microorganismos en los tres sitios de muestreo.
4. Ninguna de las muestras de los tres sitios de muestreo evidenció la presencia de *S. aureus* por arriba del límite establecido por el RTCA de alimentos, sugiriendo ausencia de contaminación debido a una manipulación correcta por parte de los operadores.
5. El RTCA 67.04.50:17 1ra revisión (vigilancia) establece como parámetro la ausencia de *Salmonella spp.*; por tanto, se determinó con los resultados obtenidos que los tres sitios muestreados comparados con esta reglamentación no cumplen por la presencia de este microorganismo.
6. La presencia de *Salmonella spp.* que se obtuvo en los tres sitios de estudio puede ser por origen fecal, mala calidad del agua, la microbiota de la

especie, entre otros factores. No se puede concluir el factor contaminante principal al desconocer el serotipo del género *Salmonella*.

7. En la identificación de *Vibrio cholerae* no se encontró presencia en las muestras analizadas de los tres sitios de estudio, por tanto se reportan como ausente en la investigación.
8. Al comparar los tres sitios de muestreo entre sí, se determinó que el sitio de muestreo 1 (Lago de Suchitlán) es el que presentó mayor crecimiento de microorganismos, siendo estos: *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Realizar un plan de muestreo a otros productores de las zonas de estudio para evaluar la calidad microbiológica de las especies de *Oreochromis spp.* que cultivan.
2. Llevar a cabo una evaluación periódica de la calidad del agua utilizada para el cultivo, y de las especies como tal. (en los sitios donde se concentra la mayor cantidad de productores), que se realice por medio de una forma de trabajo de grado.
3. Profundizar en la validación de métodos de detección de Salmonella en este tipos de muestras, con el fin de obtener resultados concluyentes que permitan dar resultados más seguros.
4. Profundizar el estudio de los microorganismos encontrados en exceso, como: coliformes totales, Pseudomonas y Aeromonas, con respecto a la Tilapia como alimento.
5. Informar mediante la entidad correspondiente o el Ministerio de Agricultura y Ganadería a los productores de *Oreochromis spp.* que por la naturaleza, manipulación del producto, y población a la que va dirigida este alimento, un inadecuado manejo en el cultivo (mala calidad del agua, manipulación inadecuada, desechos de animales, entre otros factores más) puede representar un grave peligro a la salud del consumidor.
6. Realizar protocolos intermitentes de monitoreo a los diferentes productores de esta especie, con el fin de llevar un mejor control y asegurar el cumplimiento del RTCA de alimentos y criterios microbiológicos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Betancur Gonzales EM. Evaluación de variables de calidad en tilapias (*Oreochromis spp.*) alimentadas con probióticos nativos microencapsulados. [Magister en gestión de la calidad de los alimentos]. Corporación Universitaria Lasallista; 2018.
2. Arévalo Villalta, T.J. & Marín, A.G. Comparación del rendimiento del cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando machos reversados versus machos genéticamente mejorados (supermachos) criados en sistema intensivo [Ingeniero Agrónomo]. Universidad de El Salvador; 2011.
3. Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA). Manual sobre reproducción y cultivo de Tilapia. El Salvador; 2008.
4. Savedra Martínez, MA. Manejo del cultivo de tilapia [Internet]. Nicaragua; 2006 [Consultado: 12 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIACID EA .pdf>.
5. HUET, M. Tratado de piscicultura. ESP. Ediciones mundi- prensa. 3ed. P. 11; 1985.
6. COCHE, A. Cage culture of tilapias. In R.S.V. Pulling and R.H. Lowe-McConnel (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings, 7,432p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Phillipines. p 205-246; 1992.
7. Palonimo Ramoz, A.R. & Baltazar Guerrero, P.M. Manual de cultivo de tilapia. [Internet]. Perú; 2004 [Consultado: 21 de abril de 2021]. Disponible en: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual \\_tilapia.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual _tilapia.pdf).

8. Instituto Inter Americano de Cooperación en Acuicultura (IICA). Guía relativa a los peligros para la seguridad de los alimentos en los productos de la pesca del Caribe. [Internet]. Estados Unidos; 2016 [Consultado: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/4191/BVE17089205e.pdf;jsessionid=7193B51F295151DDC960E4D4A5624FC D?sequence=2>.
9. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Manual básico sobre procesamiento e inocuidad de productos de la acuicultura. [Internet]. Paraguay; 2014 [Consultado: 24 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3835s/i3835s.pdf>.
10. Reglamento técnico Centroamericano 67.04.50:17 1<sup>ra</sup> Revisión. Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos. Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO); 2017.
11. Manning, S.D. *Escherichia coli* infections. 2<sup>nd</sup> ed. Estados Unidos: Infobase Publishing; 2010.
12. Dunbar, S.A & Jacobson, J.W. Quantitative, Multiplexed Detection of Salmonella and Other Pathogens by Luminex® xMAP™ Suspension Array. En: Schatten, H. & Eisenstark, A., Editores. *Methods in Molecular Biology*. Totowa: Human Press Inc. p. 1-19.
13. Honeyman A.L, Friedman H, & Bendinelli M. *Staphylococcus aureus* Infection and Disease. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers; 2002.
14. Sikora AE. *Vibrio cholerae* Methods and Protocols. Estados Unidos: Humana Press; 2018.
15. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Manual de Buenas Prácticas Acuícolas. El Salvador: OIRSA; 2017.

16. U.S Food and Drug Administration (FDA). Bacteriological Analytical Manual Online (BAM). [Internet]. 2001 [Consultado 10 mayo 2021]. Disponible en: file:///C:/Users/ali-m/Downloads/Bacteriological\_Analytical\_Manual.pdf.
17. Romero Monje MY, Romero Rivera MH. Determinación del perfil bacteriológico de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) fresca y su respectiva agua de estanque proveniente del cantón Atiocoyo, municipio de San Pablo Tacachico, La Libertad. [Químico Farmacéutico]. Universidad de El Salvador; 2012.
18. Parker J & Parker P. The official patient's sourcebook on diarrheagenic escherichia coli. USA: ICON Group International; 2002.
19. Heymann D. Escherichia coli infections. 2nd. Ed. New York: Infobase publishing; 2010.
20. Merino, E & Flores, M. Perfil parasitológico de *Oreochromis niloticus* y su relación con la calidad del agua en granjas acuícolas del distrito de riego de Atiocoyo, San Pablo Tacachico, La Libertad, El Salvador. [Licenciatura en Biología]. Universidad de El Salvador; 2015.
21. Mena, Z. Evaluación de la Calidad del Agua del Lago de Ilopango. [Internet]. 2015 [Consultado 20 Marzo 2022]. Disponible en: file:///C:/Users/ali-m/OneDrive/Escritorio/Tesis/Bibliograf%C3%ADa/Calidad%20de%20Agua%20Ilopango%202015.pdf
22. Luna-Payares ER, Rosado-Cárcamo RR, Ruiz-Garcés LC, Berrocal-Contreras MM. Calidad microbiológica de la carne de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) procedente de una planta de sacrificio en Tierralta Córdova. Revista Investigación Pecuaria/REVIP[Internet]. 2016 [Consultado 27 Mar 2021]; 1:89-90. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/2936/3618>.

23. Freeman L & Freeman K. *Staphylococcus aureus* Infections. USA: Chelsea House Publishers; 2005.
24. Bell C. *Salmonella: A practical approach to the organism and its control in food*. UK: Wiley-Blackwell; 2001.
25. Osorio A, Wills A, Muñoz AP. Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia. 2013. *Rev Fac Med Vet Zoot.* 62(3): 182-195.
26. Arias Echandi ML, Chávez Ulate C. Calidad microbiológica de la materia prima y el producto final del ceviche de tilapia y de camarón expendidos en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica. *UNED Resarce Journal/ Cuadernos de investigación UNED [Internet]*. 2012 [Consultado 27 Mar 2021]; 4(1):85-92.
27. Drasar B & Forrest B. *Cholerae and the ecology of Vibrio cholerae*. USA: Chapman & Hall; 1996.
28. Mahmoud S. *Salmonella a dangerous foodborne pathogen*. Croaria: In Tech; 2011.

## GLOSARIO

**Tilapia:** Pez de agua dulce, de 10 a 30 cm de longitud, de coloración distinta según las especies; vive en clima tropical, pero está muy extendido como pez de acuario y para el consumo humano. (3)

**Inocuidad:** La inocuidad de los alimentos puede definirse como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. (10)

**Acuicultura:** actividad que consiste en el cultivo y producción de organismos acuáticos de agua dulce o salada. (3)

**Bacterias patógenas:** bacterias que pueden causar enfermedades infecciosas. Aunque la gran mayoría de bacterias son inofensivas o beneficiosos, algunos son patógenos. Entre las bacterias patógenas que pueden contaminar los alimentos y producir una enfermedad de transmisión alimentaria (MTA). (14)

**Buenas Prácticas Acuícolas:** son actividades, procedimiento y controles rutinarios, que se aplican en las unidades de producción, procesamiento primario o embarcaciones menores con la finalidad de prevenir y reducir la contaminación de los productos acuícolas y pesqueros. (15)

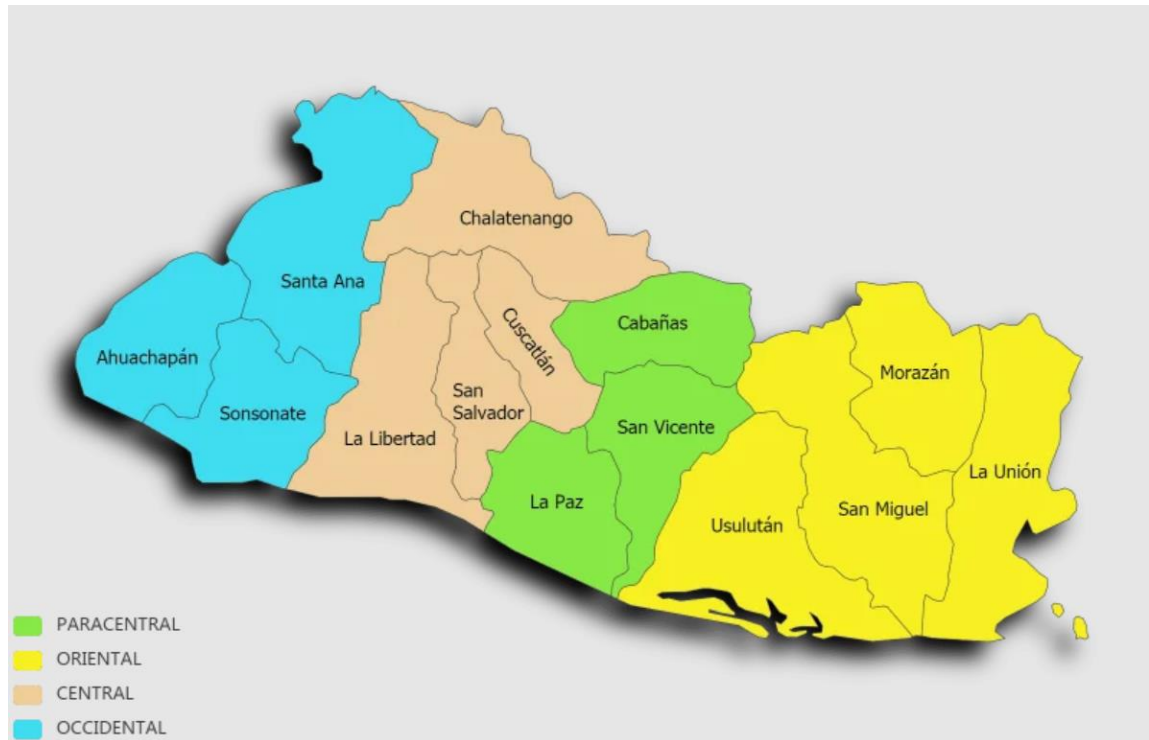
**Pruebas presuntivas:** pruebas que de manera rápida, económica, pero estandarizada pueden inferir la presencia o ausencia de determinado indicador, ya sea metabolito, analito o microorganismos.(16)

**Falso positivo:** anomalía o un error en el resultado de una medición o cálculo dado en un modelo de clasificación binaria, indicando la presencia de una condición o característica cuando la misma no está presente en realidad. (16)

**Bacterias autóctonas:** conjunto de microorganismos que colonizan establemente la superficie epidérmica y la de las mucosas. (14)

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1



**Figura N°16.** Mapa de las zonas que componen a El Salvador.

\*Correos El Salvador. Zonas geográficas de El Salvador. [Internet]. 2018. [11 de Noviembre 2022]. Disponible en: <https://yosoyadministradorsv.wordpress.com/tag/correo/>

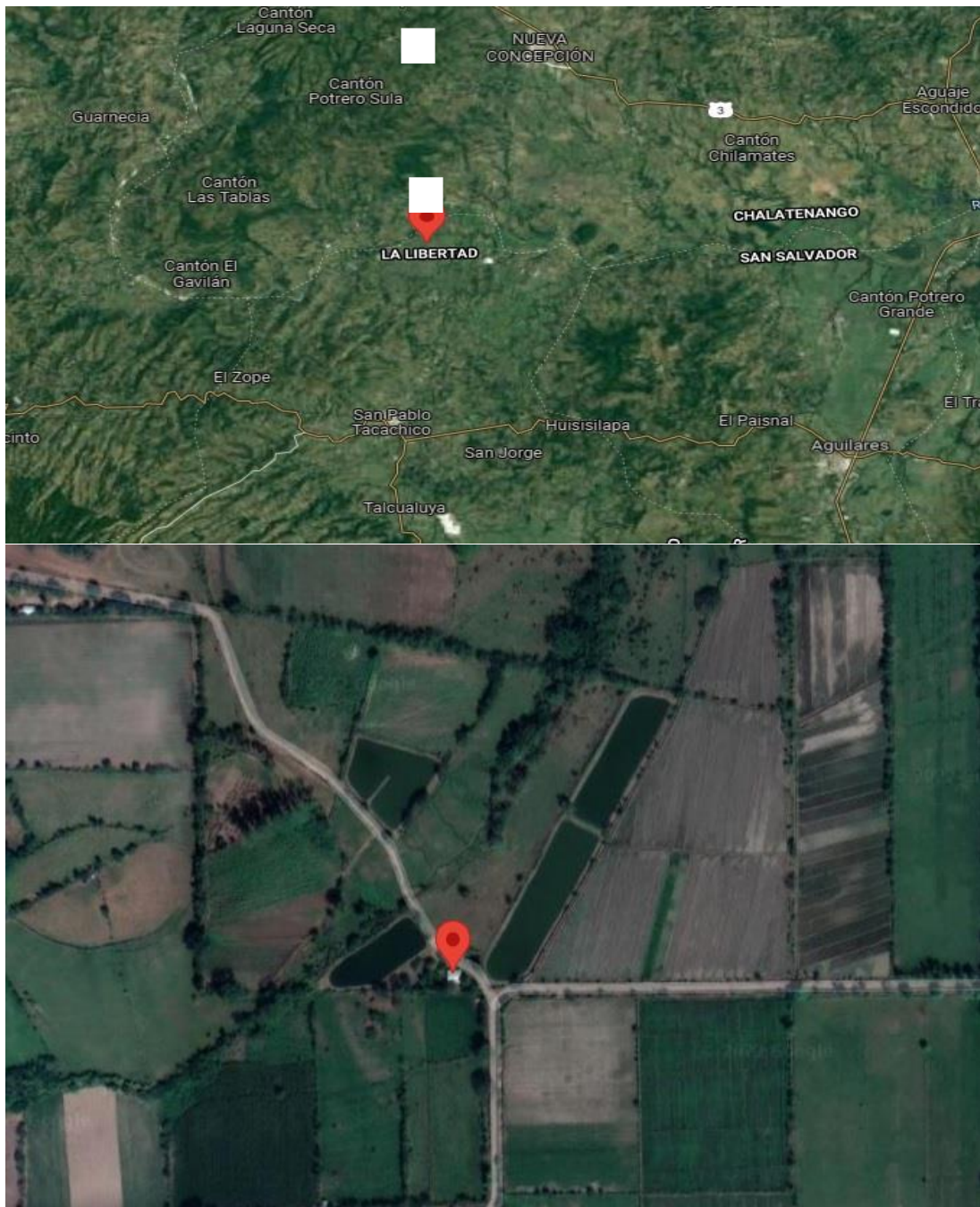
## **ANEXO N°2**

### **Coordenadas de los sitios de muestreo**

\*Imagen de creación propia tomada por medio de Google Maps

**-Atiocoyo Sur**

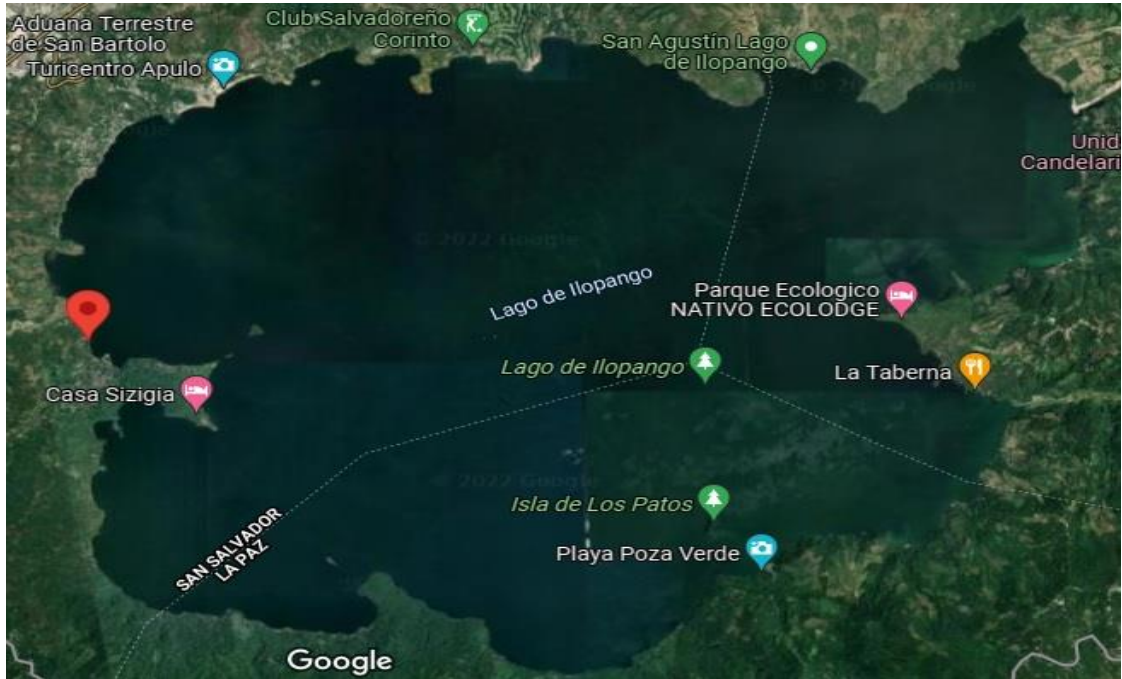
Coordenadas: 14°02'53.9"N 89°19'39.3"W



**Figura N°17.** Mapa y coordenadas de los sectores de la zona central de El Salvador en los que se llevó a cabo el estudio.

**-Lago de Ilopango**

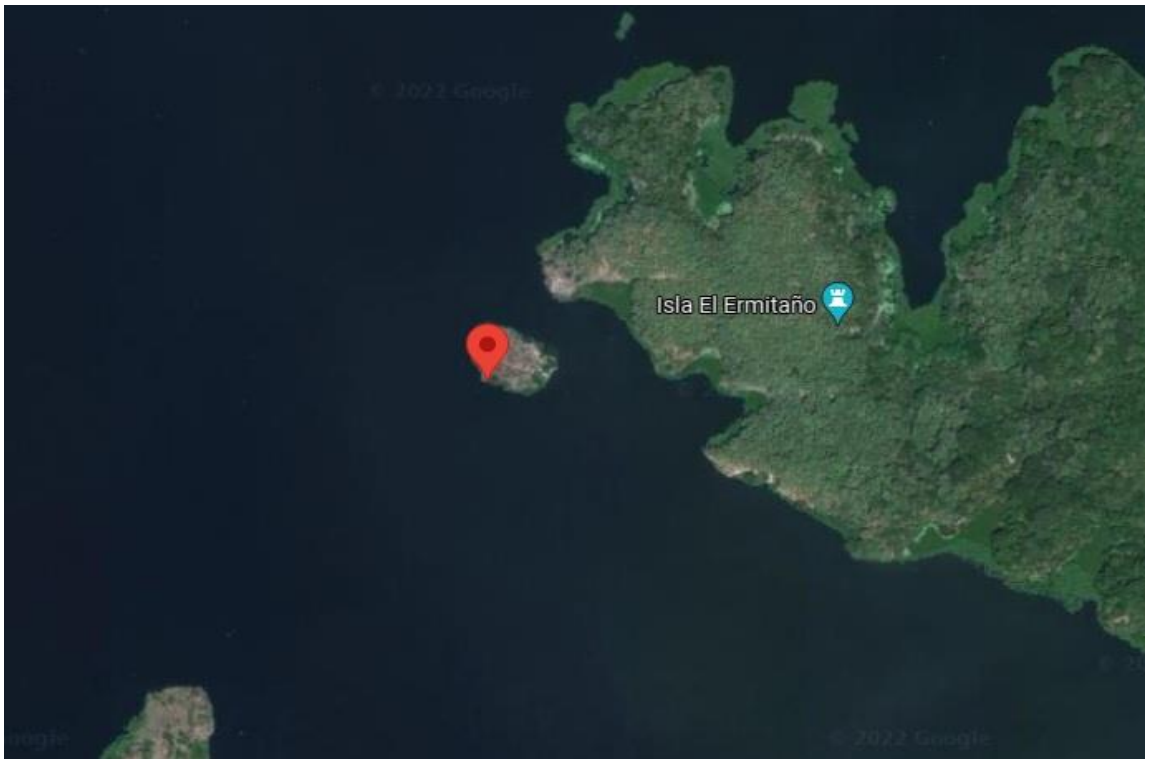
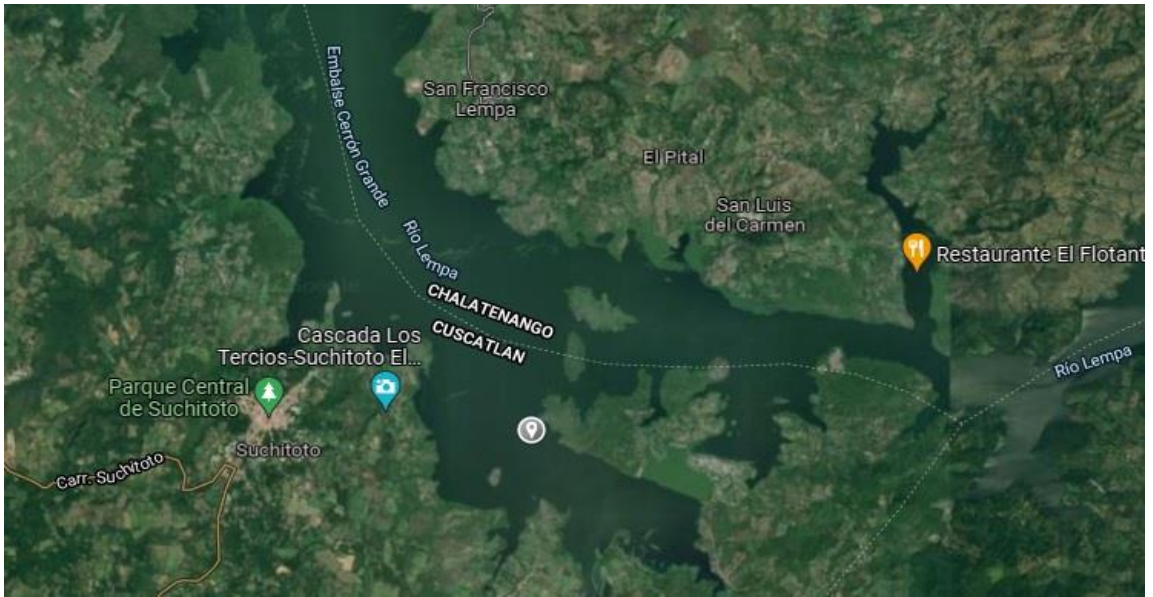
Coordenadas: 13°40'11.0"N 89°05'27.8"W



**Figura N°17. Continuación**

**-Lago de Suchitlán**

Coordenadas: 13°56'06.1"N 88°59'48.0"W



**Figura N°17. Continuación**

### ANEXO N°3

IDENTIFICACION DE MUESTRA	
Responsable: _____	Fecha: _____ Hora: _____
Lugar de muestreo: _____	
Nombre de la muestra: _____	ID: _____
Análisis: _____	N° de muestra: _____

**Figura N°18.** Etiqueta de identificación para las muestras.

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)

## **ANEXO N°4**

### **Esquema para la preparación de diluciones en Agua Peptonada**

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)



Pesar 25g de muestra en bolsa de polietileno de una forma aséptica



Adicionar 225mL de solución Agua Peptonada Buferada (APB), como diluyente, a la bolsa que contiene los 25g de muestra



Agitar por 2 minutos a 260 rpm por medio del Stomacher



transferir la dilución a un frasco y rotular como "Dilución 10<sup>-1</sup>"

**Figura N°19.** Esquema para la preparación de las diluciones.



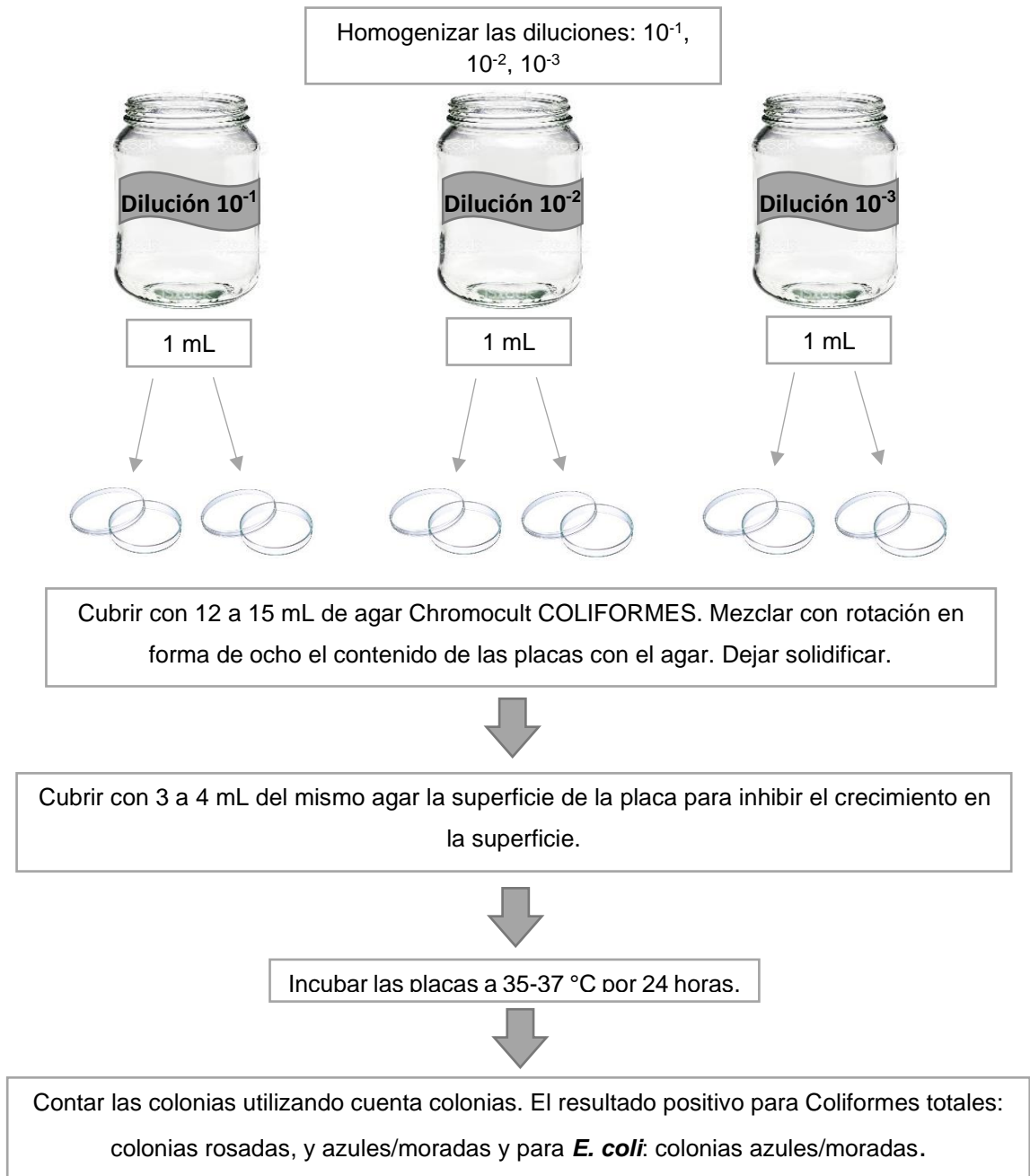
Transferir 10 mL de la dilución 10<sup>-1</sup> con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente. Agitar por 2 minutos y rotulas como "Dilución 10<sup>-2</sup>"



Transferir 10 mL de la dilución 10<sup>-2</sup> con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente. Agitar por 2 minutos y rotulas como "Dilución 10<sup>-3</sup>"

**Figura N°19.** Continuación

## ANEXO N°5



**Figura N°20.** Esquema para la identificación de Coliformes totales y *E. coli*.

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia <sup>(16)</sup>

## ANEXO N°6



De las colonias positivas en Chromocult para *E. coli* tomar una azada y estriar en placas con agar EMB.



Incubar las placas de forma invertida a  $35 \pm 0.5$  °C por  $24 \pm 2$  horas



Observar el desarrollo de colonias verdes con brillo metálico y centro negro azulado, lo que indica presencia de *Escherichia coli*

**Figura N°21.** Esquema para la confirmación de la presencia de *Escherichia coli*

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia <sup>(16)</sup>

## ANEXO N°7

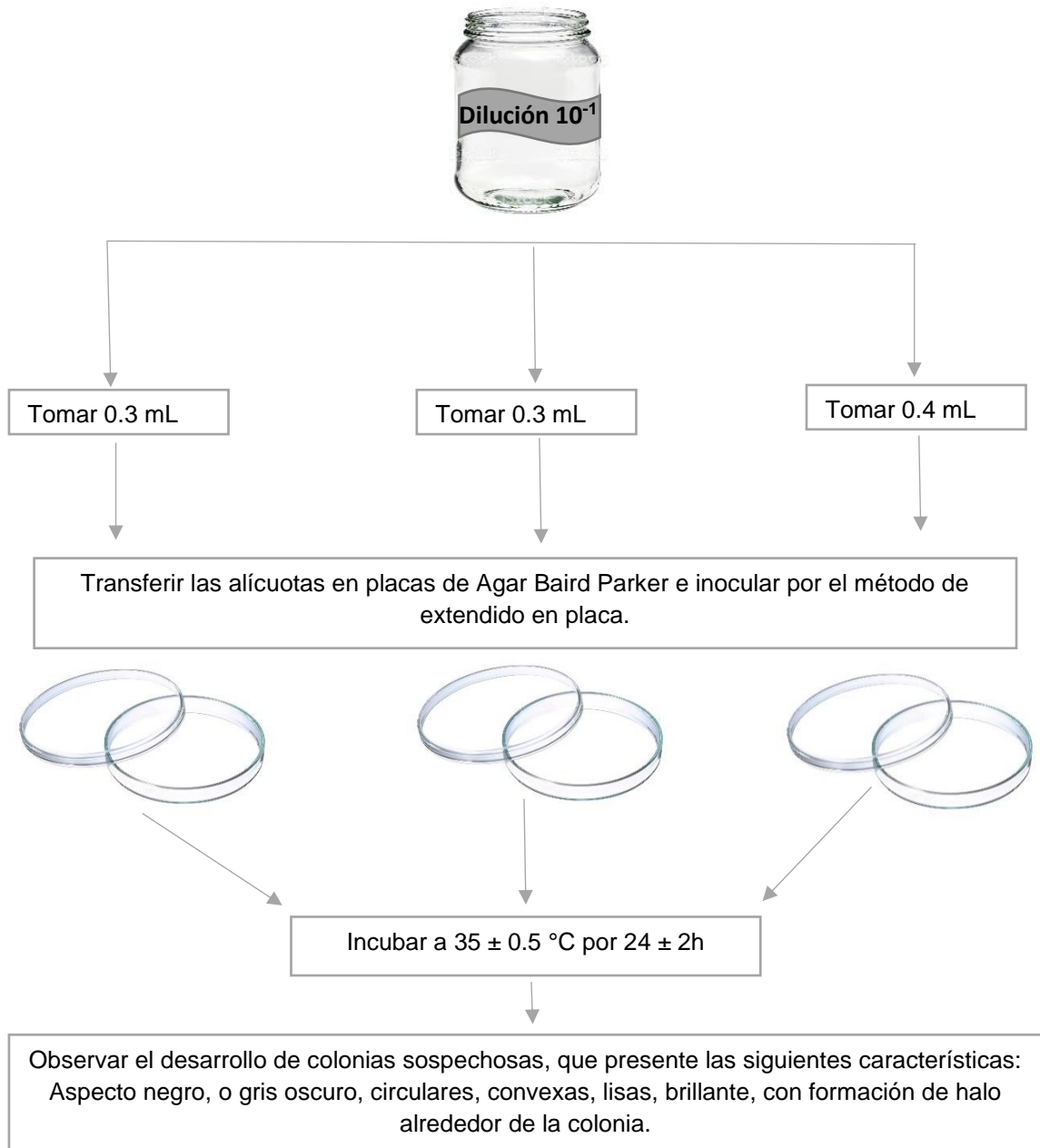
Tabla N°5. Criterios microbiológicos para vigilancia de la inocuidad de los alimentos según el RTCA 67.04.50.17

### 9.0 Grupo de Alimento: pescado, derivados, productos marinos y de agua dulce

9.1. Subgrupo del alimento: pescados, productos marinos y de agua dulce, crudos, refrigerados o congelados, incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos, empacados.						
Parámetro	Plan de muestreo				Limite	
	Tipo de alimento	Clase	n	c	m	M
<i>Escherichia coli</i>	A	3	5	1	10 UFC/g	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>		3		1	10 <sup>2</sup> UFC/g	10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>		2		0	Ausencia/25 g	-----
<i>Vibrio cholerae toxigénico</i> O1/O139		2		0	Ausencia/25 g	-----

\*Tabla tomada de referencia (10)

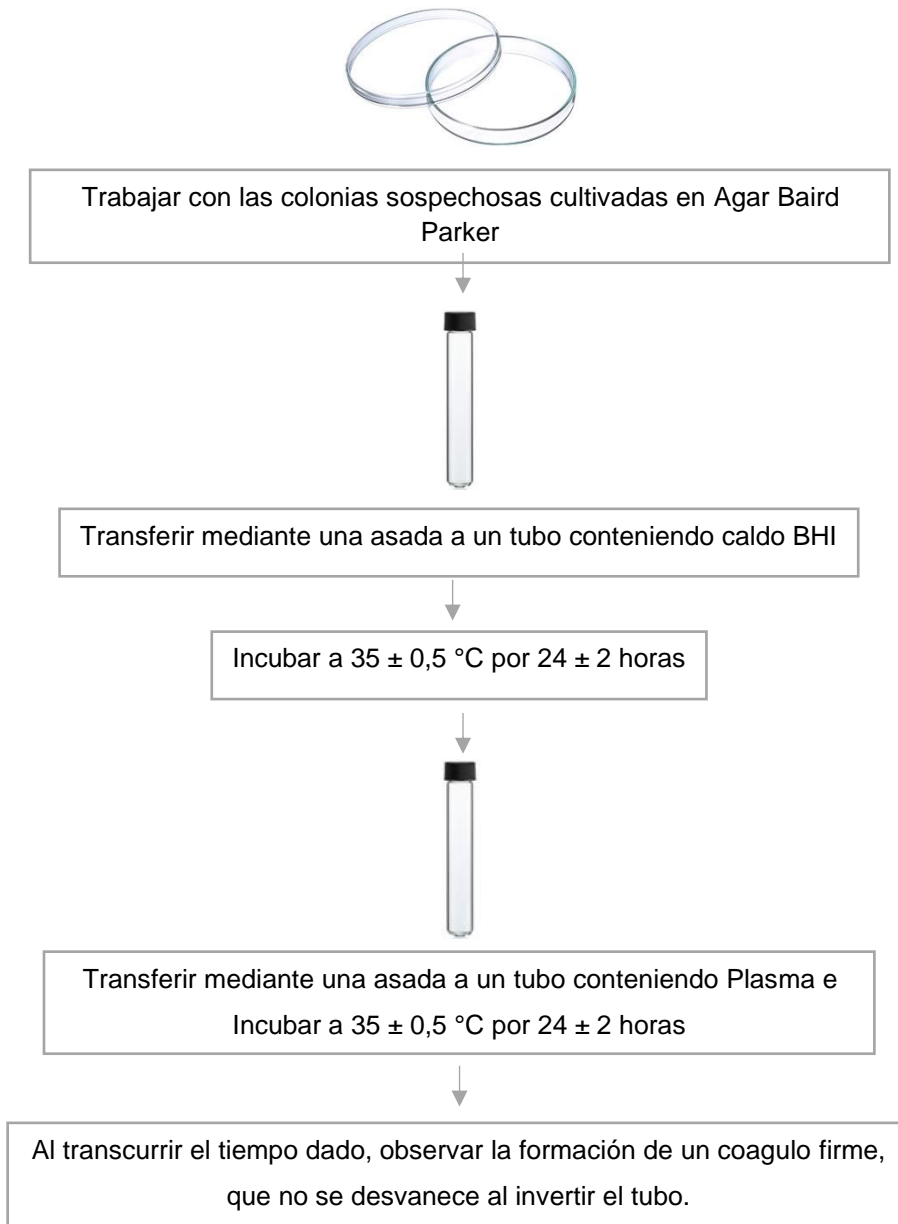
## ANEXO N°8



**Figura N°22.** Esquema para la determinación de la presencia de *Staphylococcus aureus*.

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)

## ANEXO N°9



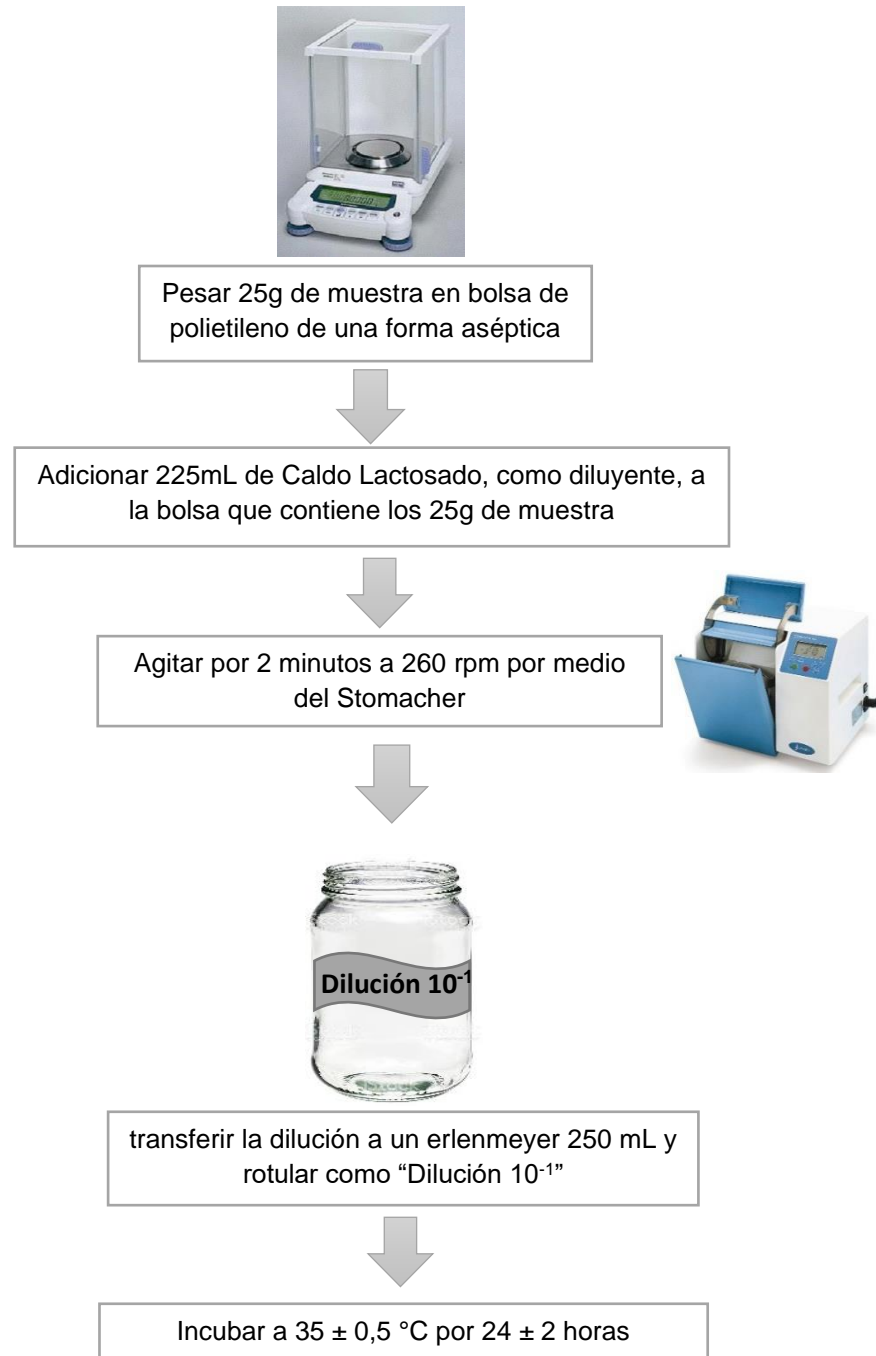
**Figura N°23.** Esquema para confirmación de presencia de *Staphylococcus aureus*.

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)

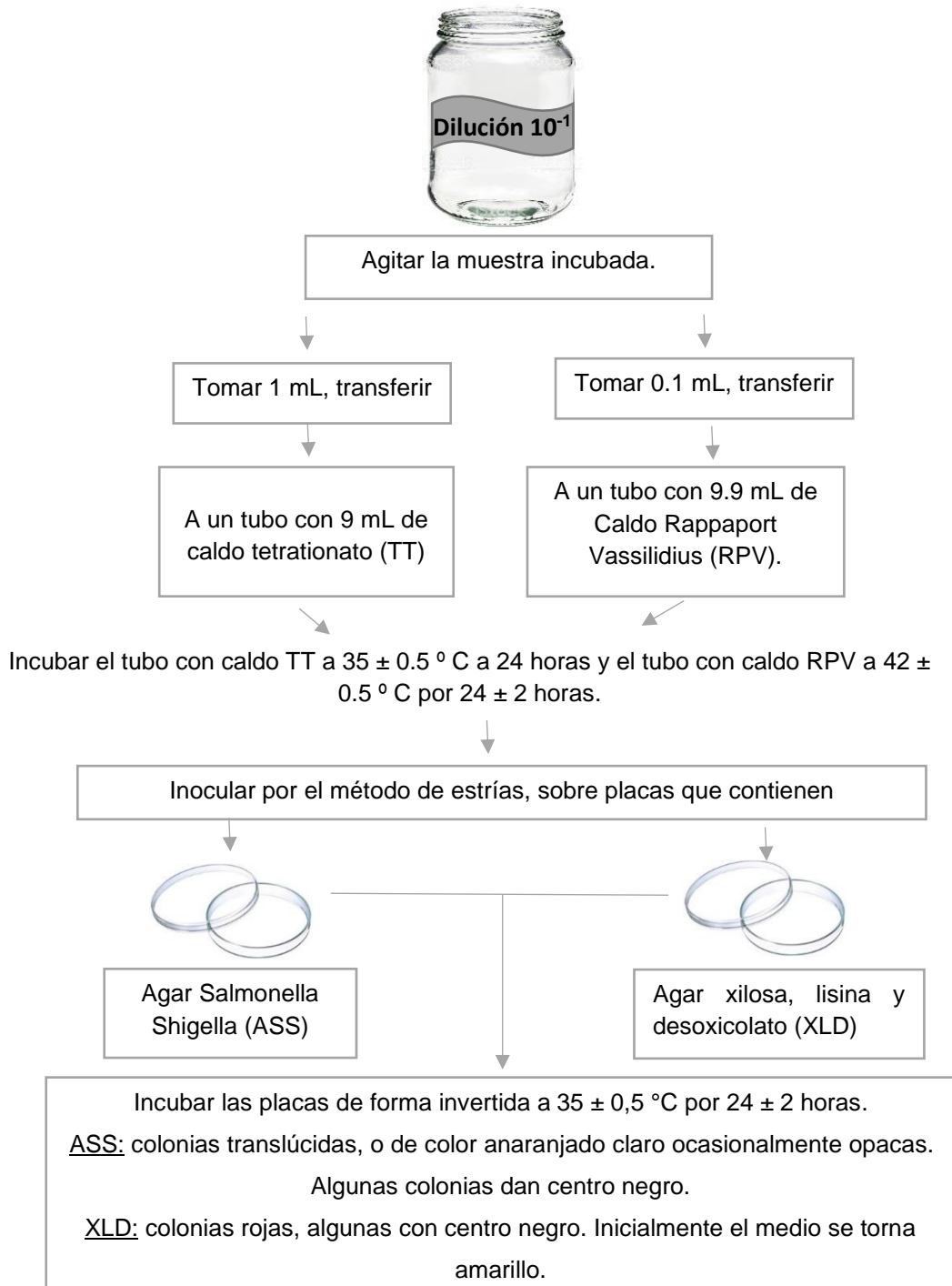
## **ANEXO N°10**

### **Esquema para la determinación de presencia de *Salmonella spp.***

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)



**Figura N°24.** Esquema para determinación de la presencia de *Salmonella*.



**Figura N°24.** continuación

## ANEXO N°11

Tabla N°6. Pruebas bioquímicas para *Salmonella*

Pruebas Bioquímicas Para <i>Salmonella spp</i>			
N°	Prueba	Resultado	
		Positivo	Negativo
1	LIA	Fondo de color morado B/B	Fondo de color amarillo
2	H <sub>2</sub> S(TSI Y LIA)	Ennegrecimiento	Sin Ennegrecimiento
3	Ureasa	Color rojo purpura	Sin cambio de color
4	TSI	Fondo de color amarillo B/A	Sin fondo de color amarillo

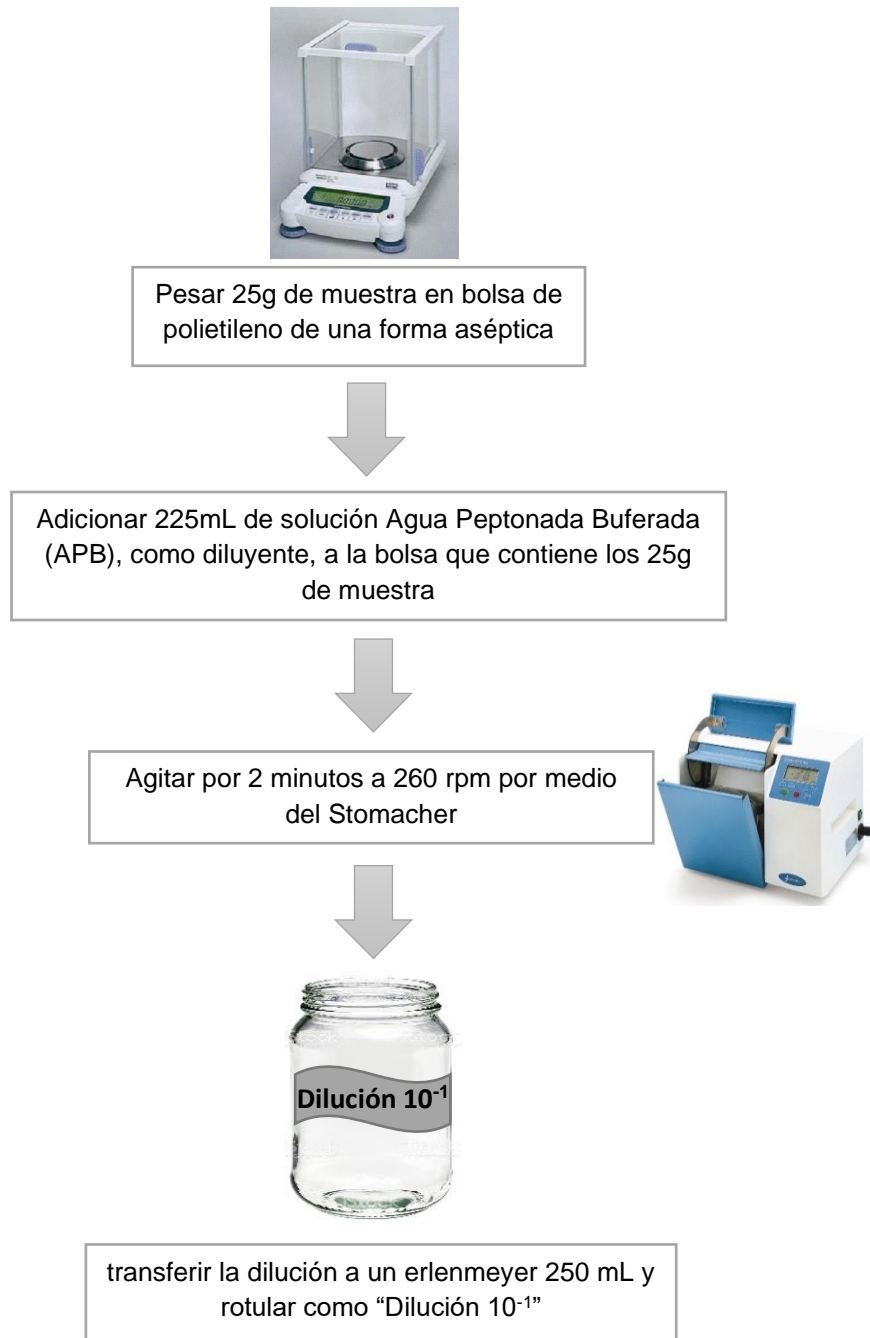
**Nota:** Con al menos un resultado positivo de las pruebas, se asume presencia de *Salmonella spp*.

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia (16)

## **ANEXO N°12**

### **Esquema para la determinación de presencia DE *V. cholerae***

\*Imagen de creación propia de acuerdo a referencia <sup>(16)</sup>



**Figura N°25.** Esquema para determinación de la presencia de *Vibrio cholerae*.



Transferir 10 mL de la dilución  $10^{-1}$  con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente. Agitar por 2 minutos y rotulas como "Dilución  $10^{-2}$ "



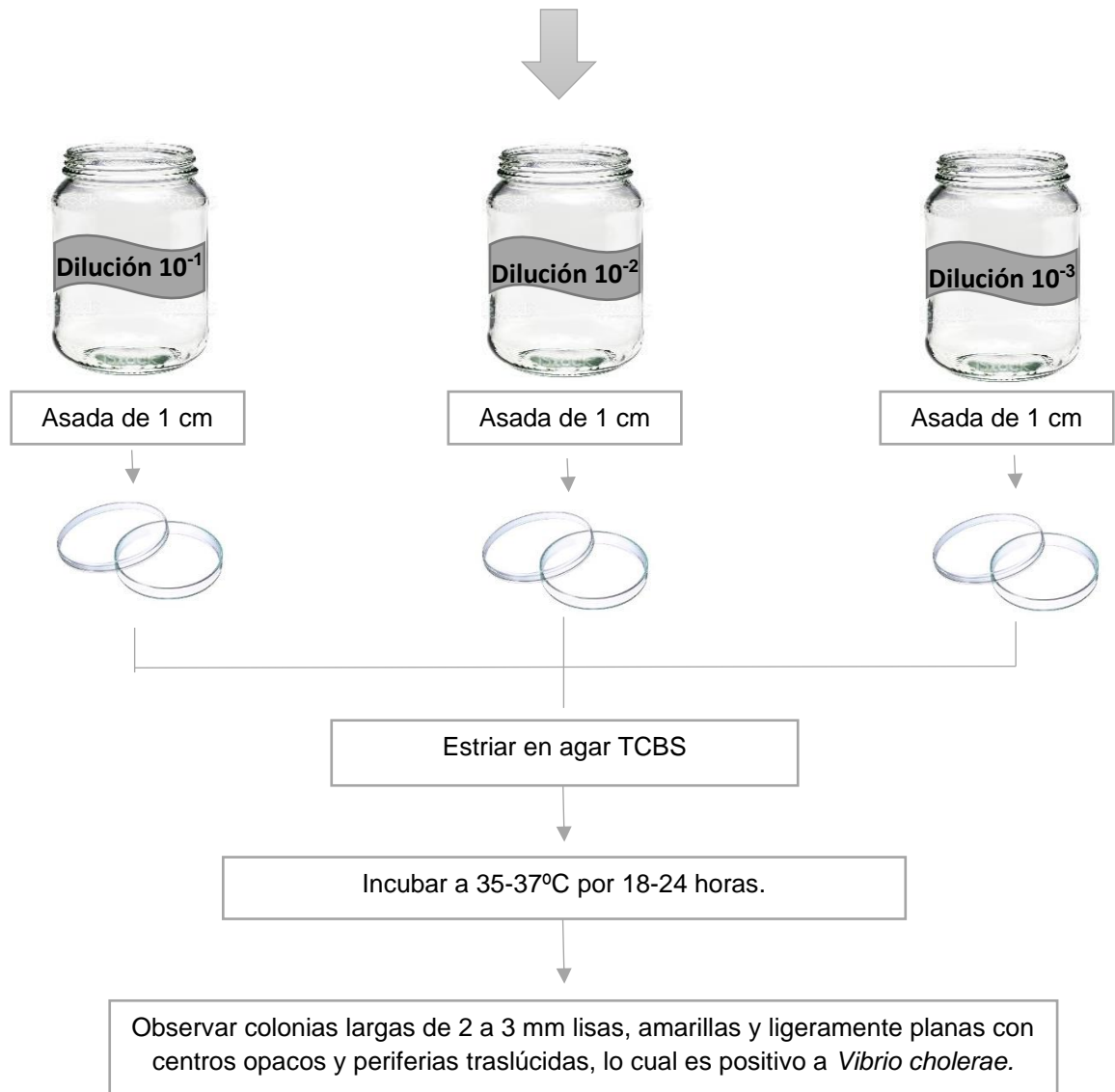
Transferir 10 mL de la dilución  $10^{-2}$  con una pipeta estéril, a un frasco que contiene 90 mL de solución Agua Peptona Buferada (APB) como diluyente. Agitar por 2 minutos y rotulas como "Dilución  $10^{-3}$ "



Incubar a  $35-37^{\circ}\text{C}$  por 18-24 horas.

**Figura N°25.** Continuación

**NOTA:** No agitar los frascos con las diluciones después de la incubación.



**Figura N°25.** Continuación

## ANEXO N°13

Tabla N°7. Formato para la recolección de resultados por muestra

TABLA DE RECOLECCION DE DATOS POR MUESTRA				
ZONA DE MUESTREO	MICROORGANISMO	Especificación	Resultado	Dictamen
<b>Zona de Riego Ateocoyo Norte (1)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g		
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g		
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g		
<b>Lago de Ilopango (2)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g		
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g		
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g		
<b>Lago de suchitlan (3)</b>	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g		
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g		
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g		
Analista: _____ Fecha/Hora: _____ Numero de Muestra: _____				

\*Tabla de creación propia en base a referencia (10)

## **ANEXO N°14**

### **Pesos de las muestras de tilapia de los tres sitios de estudio**

\*Tabla de creación propia en base a los resultados obtenidos en el estudio

Tabla N°8. Peso de las muestras compuestas: Sector 1 Lago de Suchitlán.

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
1	249.1	Mx1=25.2	Mx1=25.2
2	246.5		
3	320.3		
4	221.4		
5	320.6		
6	274.7		
7	325.9		
8	204.5		
9	285.3		
10	200.6		
11	359.1		
12	233.0		
13	275.3	Mx2=25.3	Mx2=25.3
14	301.2		
15	318.6		
16	214.7		
17	260.0		
18	313.2		
19	311.1		
20	224.0		
21	359.5		
22	310.1		
23	206.9		
24	274.2		
25	213.5	Mx3=25.2	Mx3=25.1
26	233.5		
27	269.7		
28	249.0		
29	204.8		

Tabla N°8. Continuación

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
30	328.3		
31	277.6		
32	338.9		
33	228.2		
34	212.9		
35	319.6		
36	256.8		
37	237.2	Mx4=25.0	Mx4=25.2
38	348.0		
39	212.1		
40	319.6		
41	353.7		
42	256.8		
43	214.6		
44	257.0		
45	230.5		
46	230.4		
47	264.1		
48	325.8	Mx5=25.3	Mx5=25.0
49	213.7		
50	233.7		
51	207.9		
52	235.7		
53	222.6		
54	227.7		
55	249.6		
56	263.5		
57	217.8		
58	289.1		
59	247.8		
60	201.1		

Tabla N°9. Peso de las muestras compuestas: Sector 2 Lago de Ilopango.

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
1	306.0	Mx1=25.2	Mx1=25.1
2	225.1		
3	323.8		
4	230.2		
5	286.9		
6	235.5		
7	357.8		
8	236.9		
9	258.2		
10	290.1		
11	255.4		
12	264.0		
13	253.1	Mx2=25.4	Mx2=25.1
14	256.8		
15	215.8		
16	289.1		
17	330.3		
18	350.2		
19	327.6		
20	311.7		
21	241.2		
22	277.8		
23	235.9		
24	274.4		
25	312.9	Mx3=25.0	Mx3=25.0
26	215.8		
27	318.6		
28	320.2		
29	331.8		
30	300.5		
31	224.5		
32	210.1		

Tabla N°9.Continuación

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
33	289.1		
34	234.7		
35	275.1		
36	249.9		
37	249.2	Mx4=25.0	Mx4=25.3
38	201.1		
39	226.8		
40	335.2		
41	257.1		
42	264.4		
43	275.8		
44	249.7		
45	252.1		
46	226.6		
47	231.2		
48	298.4		
49	276.6		
50	207.1		
51	227.0		
52	332.9		
53	313.5		
54	316.3		
55	218.2		
56	275.5		
57	268.2		
58	254.3		
59	223.5		
60	305.8		

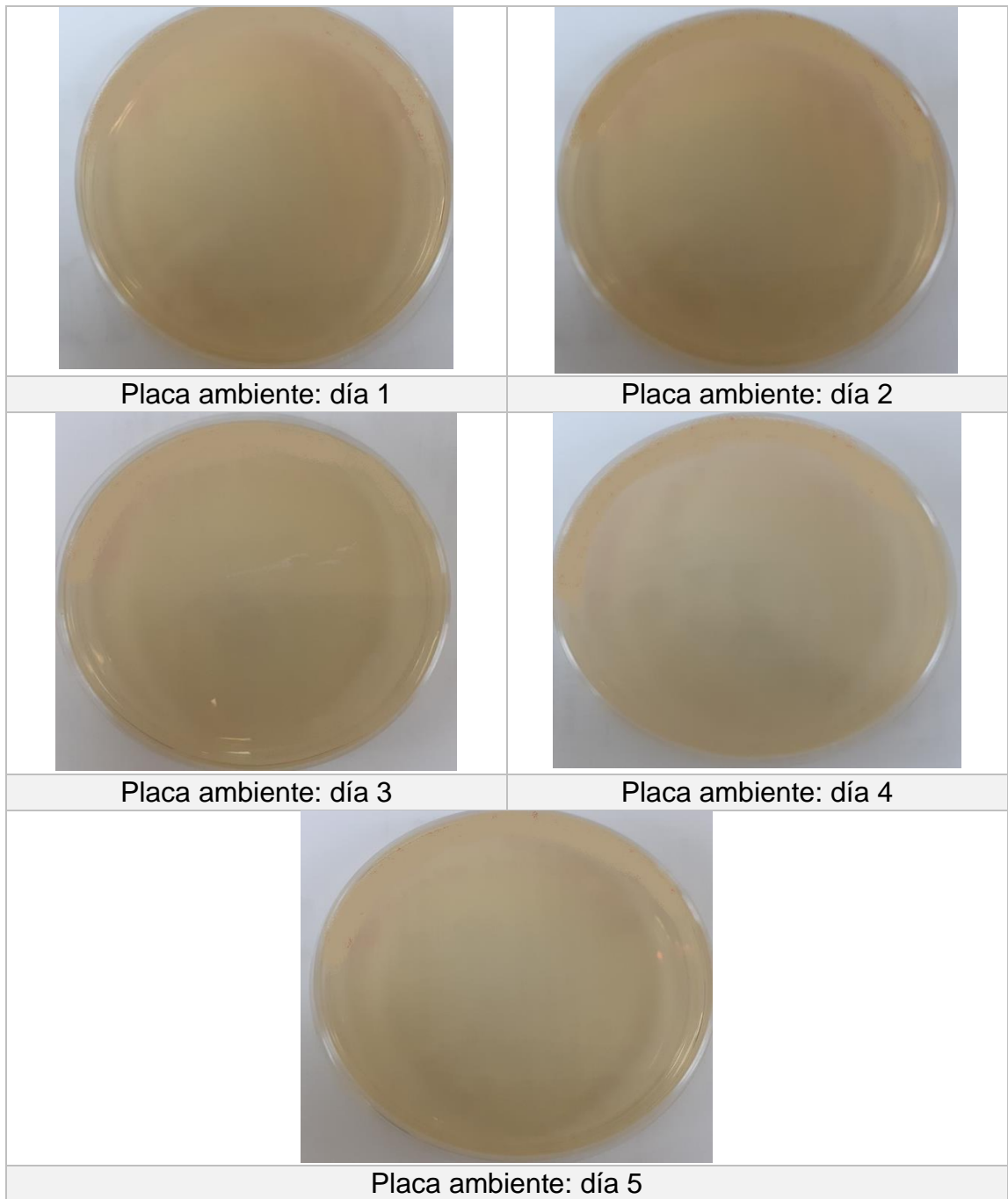
Tabla N°10. Peso de las muestras compuestas: Sector 3 Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
1	218.9	Mx1=25.2	Mx1=25.2
2	266.0		
3	277.8		
4	339.5		
5	304.3		
6	247.4		
7	228.1		
8	322.1		
9	370.6		
10	331.9		
11	292.9		
12	223.8		
13	335.2	Mx2=25.0	Mx2=25.3
14	291.0		
15	260.3		
16	309.5		
17	319.4		
18	223.8		
19	320.7		
20	339.6		
21	334.1		
22	213.1		
23	300.9		
24	240.6		
25	343.3	Mx3=25.0	Mx3=25.1
26	226.9		
27	261.2		
28	240.6		
29	336.8		
30	205.1		
31	287.7		

Tabla N°10. Continuación

Muestra	Peso (g)	Peso promedio muestra compuesta para agua peptonada (g)	Peso promedio muestra compuesta para caldo lactosado (g)
32	222.8		
33	219.5		
34	234.2		
35	302.1		
36	240.8		
37	292.1	Mx4=25.1	Mx4=25.2
38	304.7		
39	267.3		
40	299.0		
41	334.3		
42	261.2		
43	313.9		
44	272.7		
45	308.1		
46	200.8		
47	312.1		
48	325.9	Mx5=25.0	Mx5=25.0
49	316.2		
50	297.2		
51	319.5		
52	308.7		
53	337.1		
54	351.7		
55	214.9		
56	282.3		
57	300.1		
58	219.0		
59	225.8		
60	317.8		

**ANEXO N°15**



**Figura N°26.** Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Suchitlán.

ANEXO N°16

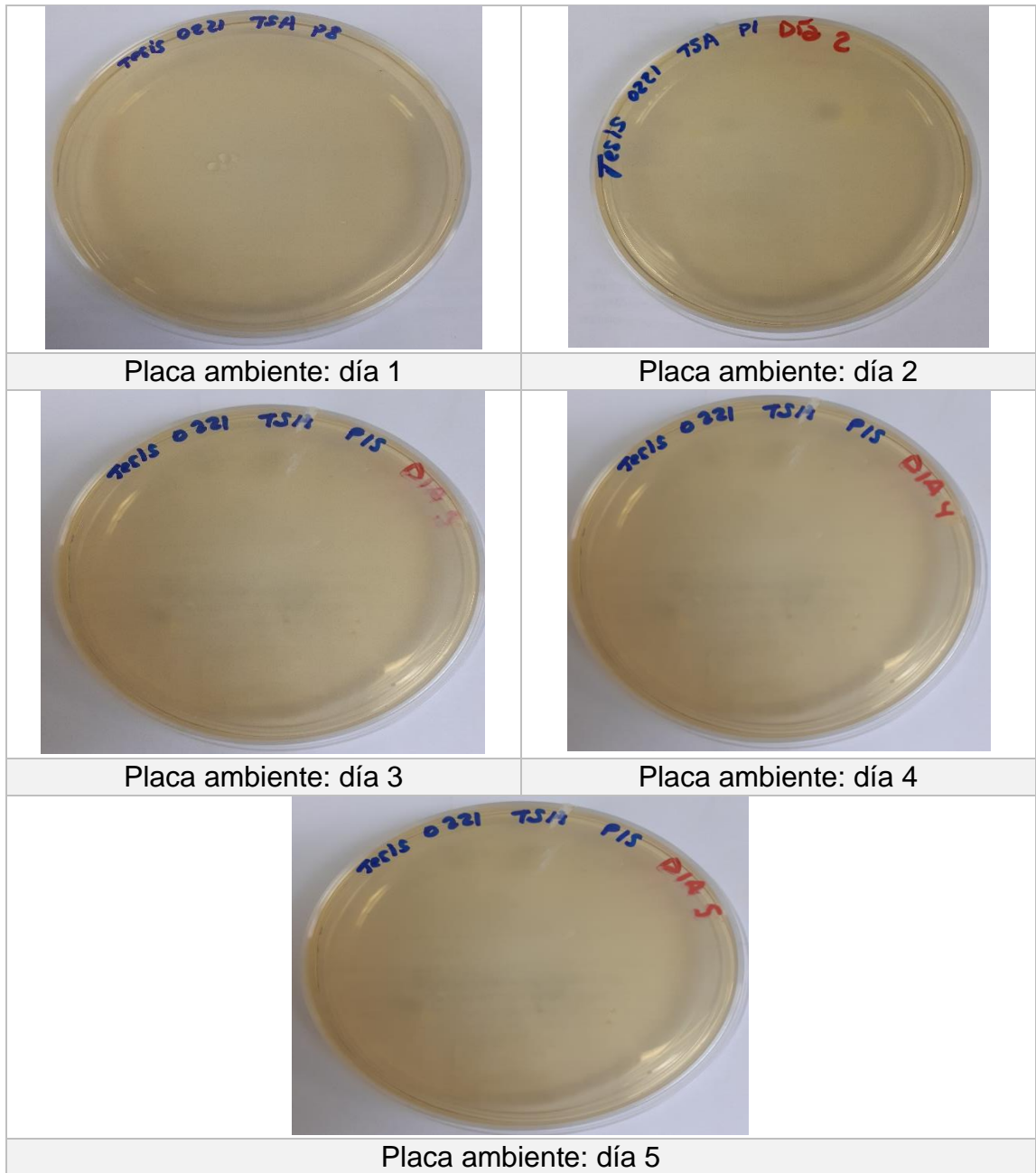
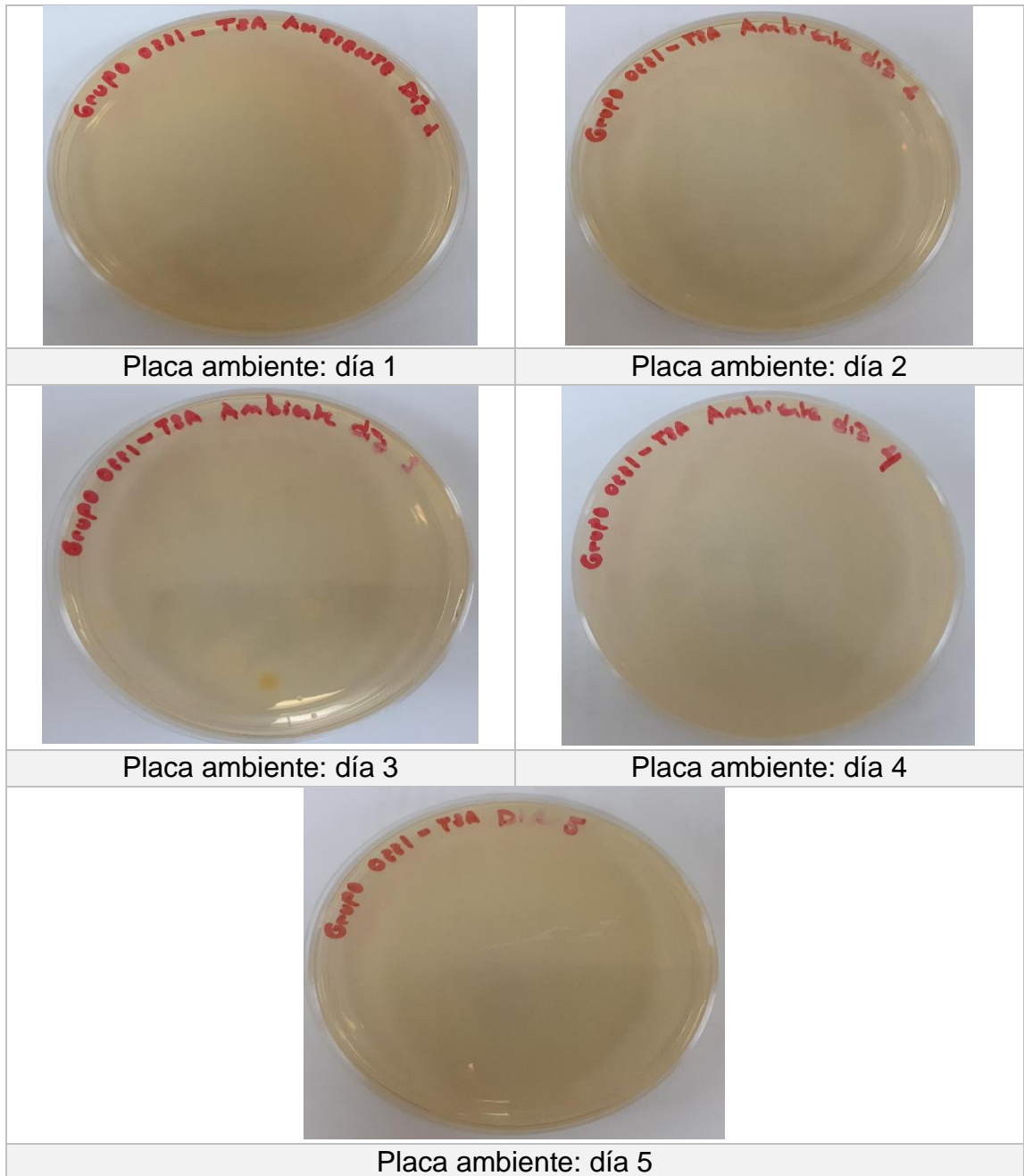


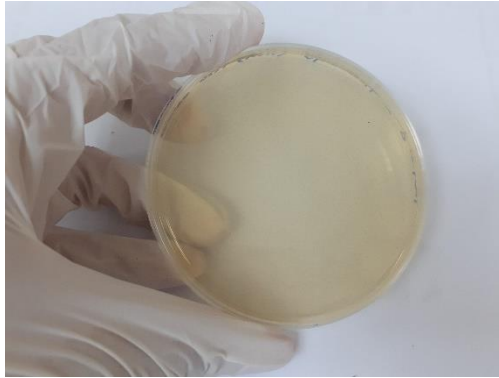
Figura N°27. Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Ilopango.

ANEXO N°17



**Figura N°28.** Placas control ambiente para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Distrito de Riego de Aticocho Sur.

**ANEXO N°18**



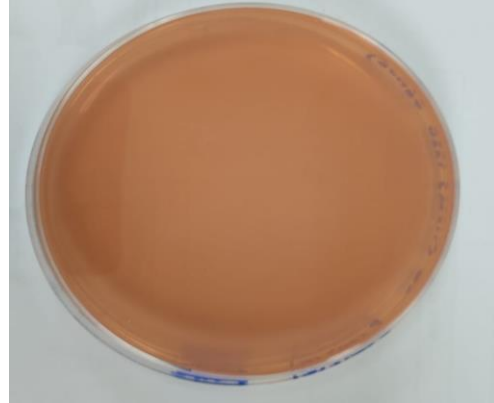
Control negativo agar chromocult



Control negativo agar EMB



Control negativo agar Baird Parker



Control negativo agar SS



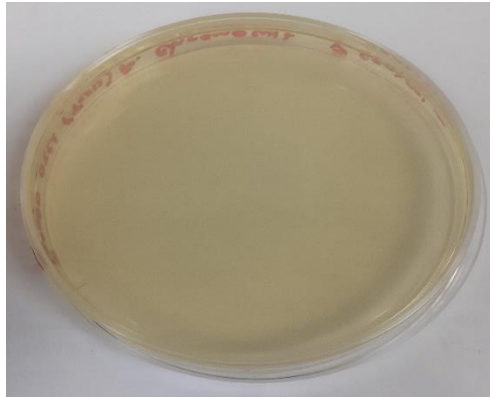
Control negativo agar XLD



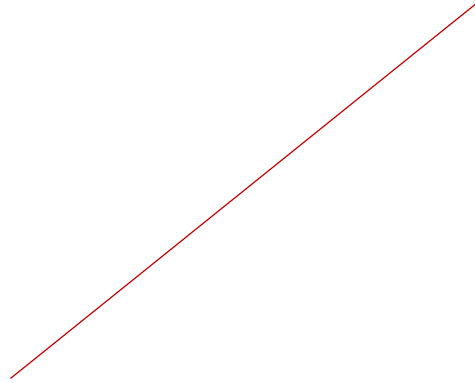
Control negativo agar TCBS

**Figura N°29.** Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Suchitlán.

ANEXO N°19



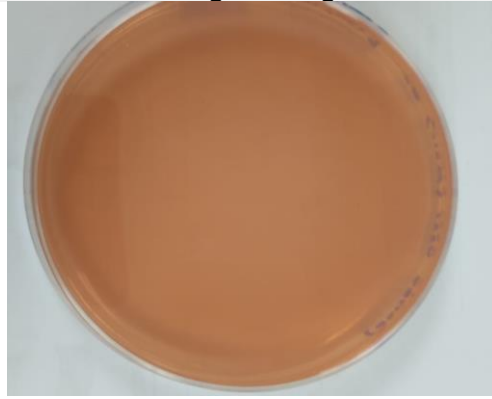
Control negativo agar chromocult



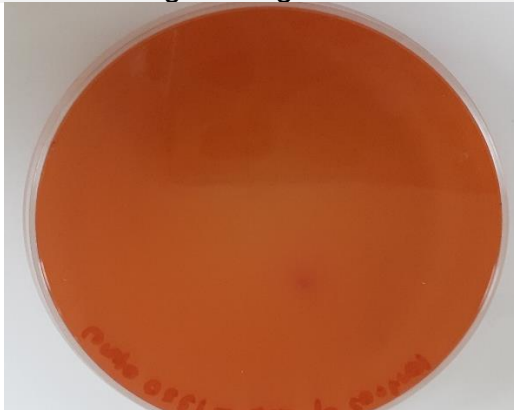
Control negativo agar EMB



Control negativo agar Baird Parker



Control negativo agar SS



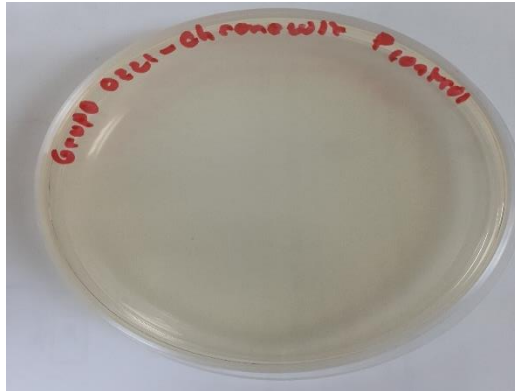
Control negativo agar XLD



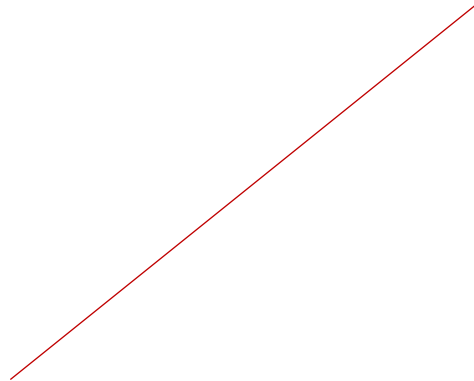
Control negativo agar TCBS

**Figura N°30.** Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Lago de Ilopango.

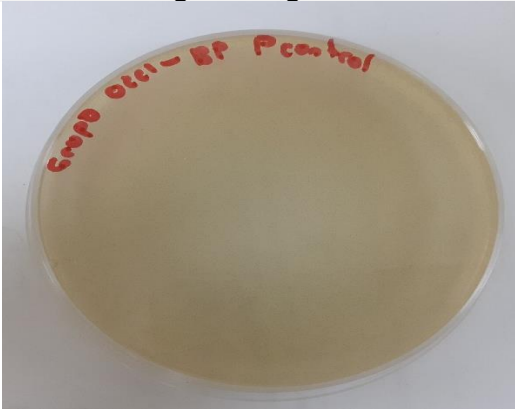
ANEXO N°20



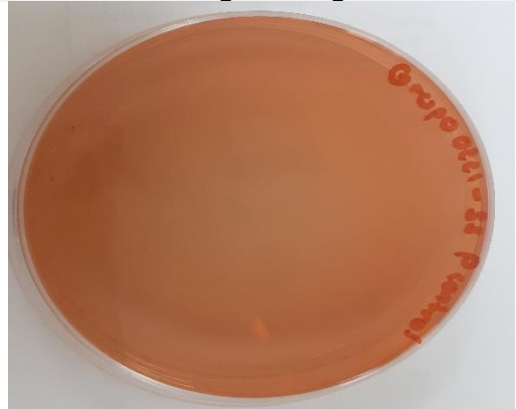
Control negativo agar chromocult



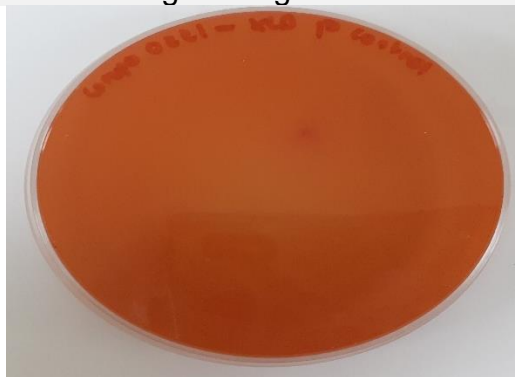
Control negativo agar EMB



Control negativo agar Baird Parker



Control negativo agar SS



Control negativo agar XLD



Control negativo agar TCBS

**Figura N°31.** Controles negativos de los medios utilizados para el análisis de *Oreochromis spp.* en el Distrito de Riego de Atiococho Sur.

## ANEXO N°21

Tabla N°11. Recuento de unidades formadoras de colonias para *Escherichia coli* en el lago de Suchitlán.

### DILUCION 10<sup>-1</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	196	142	169	1458	38.18	0.23
Mx2	280	112	196	14112	118.79	0.61
Mx3	300	244	272	1568	39.60	0.15
Mx4	470	116	293	62658	250.32	0.85
Mx5	126	119	123	25	4.95	0.04

### DILUCION 10<sup>-2</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	34	52	43	162	12.73	0.30
Mx2	19	22	21	4.5	2.12	0.10
Mx3	16	15	16	0.5	0.71	0.05
Mx4	25	44	35	180.5	13.44	0.39
Mx5	160	105	133	1512.5	38.89	0.29

### DILUCION 10<sup>-3</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	1	6	4	12.5	3.54	1.01
Mx2	1	3	2	2	1.41	0.71
Mx3	5	2	4	4.5	2.12	0.61
Mx4	5	3	4	2	1.41	0.35
Mx5	18	17	18	0.5	0.71	0.04

Se tomaron en cuenta las placas de cada muestra que estaban comprendidas entre 25 y 250 UFC, y que tenían mayor precisión entre si (menor rango de dispersión entre duplicados y menor coeficiente de dispersión)

## ANEXO N°22

Tabla N°12. Recuento de unidades formadoras de colonias para coliformes totales en el lago de Suchitlán.

### DILUCION $10^{-1}$

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	231	170	201	1861	43.13	0.22
Mx2	220	273	247	1405	37.48	0.15
Mx3	120	143	132	265	16.26	0.12
Mx4	308	240	274	2312	48.08	0.18
Mx5	138	127	133	61	7.78	0.06

### DILUCION $10^{-2}$

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	31	50	41	180.5	13.44	0.33
Mx2	18	20	19	2	1.41	0.07
Mx3	10	7	9	4.5	2.12	0.25
Mx4	15	29	22	98	9.90	0.45
Mx5	144	125	135	180.5	13.44	0.10

### DILUCION $10^{-3}$

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	6	1	4	12.5	3.54	1.01
Mx2	1	3	2	2	1.41	0.71
Mx3	6	2	4	8	2.83	0.71
Mx4	4	2	3	2	1.41	0.47
Mx5	12	19	16	24.5	4.95	0.32

Se tomaron en cuenta las placas de cada muestra que estaban comprendidas entre 25 y 250 UFC, y que tenían mayor precisión entre si (menor rango de dispersión entre duplicados y menor coeficiente de dispersión)

## ANEXO N°23

Tabla N°13. Recuento de unidades formadoras de colonias para coliformes totales en el lago de Ilopango.

### DILUCION 10<sup>-1</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	65	81	73	128	11.31	0.15
Mx2	52	38	45	98	9.90	0.22
Mx3	14	28	21	98	9.90	0.47
Mx4	41	53	47	72	8.49	0.18
Mx5	302	321	312	181	13.44	0.04

### DILUCION 10<sup>-2</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	8	10	9	2	1.41	0.16
Mx2	3	5	4	2	1.41	0.35
Mx3	1	2	2	0.5	0.71	0.47
Mx4	4	9	7	12.5	3.54	0.54
Mx5	59	21	40	722	26.87	0.67

### DILUCION 10<sup>-3</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	1	2	2	0.5	0.71	0.47
Mx2	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-
Mx3	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-
Mx4	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-
Mx5	9	2	6	24.5	4.95	0.90

Se tomaron en cuenta las placas de cada muestra que estaban comprendidas entre 25 y 250 UFC, y que tenían mayor precisión entre si (menor rango de dispersión entre duplicados y menor coeficiente de dispersión)

## ANEXO N°24

Tabla N°14. Recuento de unidades formadoras de colonias para coliformes totales en el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur.

### DILUCION 10<sup>-1</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	128	143	136	113	10.61	0.08
Mx2	DNPC	DNPC	-	-	-	-
Mx3	156	233	195	2965	54.45	0.28
Mx4	15	41	28	338	18.38	0.66
Mx5	50	24	37	338	18.38	0.50

### DILUCION 10<sup>-2</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	5	3	4	2	1.41	0.35
Mx2	DNPC	DNPC	-	-	-	-
Mx3	36	48	42	72	8.49	0.20
Mx4	6	4	5	2	1.41	0.28
Mx5	5	6	6	0.5	0.71	0.13

### DILUCION 10<sup>-3</sup>

Muestra	Placa 1	Placa 2	Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Mx1	1	2	2	0.5	0.71	0.47
Mx2	221	154	188	2244.5	47.38	0.25
Mx3	3	2	3	0.5	0.71	0.28
Mx4	2	1	2	0.5	0.71	0.47
Mx5	Ausencia	Ausencia	-	-	-	-

Se tomaron en cuenta las placas de cada muestra que estaban comprendidas entre 25 y 250 UFC, y que tenían mayor precisión entre si (menor rango de dispersión entre duplicados y menor coeficiente de dispersión)

## ANEXO N°25

Tabla N°15. Interpretación de resultados en el medio Baird Parker.

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>				
MICROORGANISMOS	CRECIMIENTO	ACTIVIDAD LECITINÁSICA	REDUCCIÓN DE TELURITO DE POTASIO	CARACTERÍSTICAS DE LAS COLONIAS
Staphylococcus aureus ATCC 25923	Satisfactorio	Positiva	Positiva	Colonias negras con borde incoloro, convexas, rodeadas de una zona opaca, con una zona clara externa.
Staphylococcus aureus ATCC 6538	Satisfactorio	Positiva	Positiva	Colonias negras con borde incoloro, convexas, rodeadas de una zona opaca, con una zona clara externa.
Staphylococcus epidermidis ATCC 14990	Regular-Satisfactorio	Negativa	Positiva	Colonias negras, de tamaño irregular. Zona opaca alrededor de la colonia (no hay zona clara).
Escherichia coli ATCC 25922	Total o parcialmente Inhibido	Negativa	Negativa	---
Proteus mirabilis ATCC 43071	Total o parcialmente Inhibido	Negativa	Positiva	Colonias marrones sin zona clara u opaca alrededor

\*Britania. Baird Parker. [Internet]. 2021. [11 de Noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_607060f71db9b.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_607060f71db9b.pdf)

## ANEXO N°26

Tabla N°16. Interpretación de resultados en el medio SS.



<b>CONTROL DE CALIDAD</b>			
MICROORGANISMOS	CRECIMIENTO	COLOR DE LA COLONIA	PRODUCCIÓN DE SH <sub>2</sub>
Salmonella enteritidis ATCC 13076	Satisfactorio	Incolora	+
Salmonella typhimurium ATCC 14028	Satisfactorio	Incolora	+
Shigella flexneri ATCC 12022	Satisfactorio	Incolora	-
Shigella sonnei ATCC 25931	Satisfactorio	Incolora	-
Proteus mirabilis ATCC 43071	Satisfactorio	Incolora	+
Escherichia coli ATCC 25922	Inhibición parcial o total	Rojo-rosada	-
Enterococcus faecalis ATCC 29212	Inhibición parcial o total	Incolora	-
<b>CONTROL DE ESTERILIDAD</b>		<b>RESULTADO</b>	
Medio sin inocular		Sin cambios	

\*Britania. SS. [Internet]. 2021. [11 de Noviembre 2022]. Disponible en: [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_6070900c78db3.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6070900c78db3.pdf)

## ANEXO N°27

Tabla N°17. Interpretación de resultados en el medio XLD.

<b>Cepa de Control sobre Agar XLD</b>	<b>Resultado esperado</b>
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Desarrollo moderado, colonias amarillas con o sin precipitado
<i>Proteus mirabilis</i> ATCC 25933	Buen desarrollo, colonias amarillas con o sin centro negro
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	Inhibido
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	Buen desarrollo colonias rojas , con centro negro
<i>Shigella flexneri</i> ATCC 12022	Buen desarrollo, Colonias rojas.

\*BD. XLD AGAR. [Internet]. 2013. [11 de Noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8783>

**ANEXO N°28**

**Informe de resultados de estudio bacteriológico para determinación  
de *Vibrio cholerae***



MINISTERIO  
DE SALUD



MINISTERIO DE SALUD  
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO NACIONAL DE SALUD PUBLICA  
LABORATORIO DE VIGILANCIA EN SALUD PUBLICA  
SECCIÓN BACTERIOLOGÍA- LVSP

INFORME DE RESULTADOS ESTUDIO BACTERIOLÓGICO

Institucion que ordena examen: LVSP  
Nombre del paciente: SD  
Edad: SD  
Sexo: SD  
Expediente: SD  
Correlativo Nivel Central: B 306-2021 OV 04-2021  
Tipo de infeccion: COMUNITARIO  
Muestra enviada: CEPA BACTERIANA AISLADA DE GRPO D1, GRUPO D3 21  
Examen solicitado: CONFIRMACION, ANTILOGRAMA Y DETECCION DE MECANISMOS DE RESISTENCIA  
Fecha de entrada: 15/11/2021  
Fecha de reporte: 22/11/2021

RESULTADO:

Cepa bacteriana de TCBS GPOD1	Se Identifica	<i>Aeromona hydrophila</i>
<b>ANTILOGRAMA</b>		
<b>ANTIBIOTICO</b>		<b>RESULTADO</b>
Imipinem		SENSIBLE
Gentamicina		SENSIBLE
Ciprofloxacina		SENSIBLE
Levofloxacina		SENSIBLE
Piperacilina / Tazobactam		RESISTENTE
Mecanismo de Resistencia :		no se detecta

Cepa bacteriana de MacConkey GPO D3 21	Se Identifica	<i>Pseudomonas mendocina</i>
<b>ANTILOGRAMA</b>		
<b>ANTIBIOTICO</b>		<b>RESULTADO</b>
Piperacilina / Tazobactam		SENSIBLE
Gentamicina		SENSIBLE
Ciprofloxacina		RESISTENTE
Levofloxacina		RESISTENTE
Mecanismo de Resistencia :		no se detecta

Observaciones:

Analista Responsable:



Vo. Bo.:

*[Handwritten signature]*

## **ANEXO N°29**

Carta de presentación de informe en apoyo al plan estratégico de  
acuicultura 2015-2025.

Ing. Edgar Palacios  
**Director General**  
CENDEPESCA

Estimado Director, nos es grato saludarlo esperando que todas sus actividades se desarrollen exitosamente, por medio de la presente queremos hacer de su conocimiento que, como estudiantes egresados de la Universidad El Salvador de la carrera de Licenciatura en Química y Farmacia, hemos realizado una investigación llamada "DETERMINACION DE PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS EN MUSCULO Y BRANQUIAS DE *Oreochromis spp.* CULTIVADA EN TRES SECTORES DE LA ZONA CENTRAL DE EL SALVADOR" la cual se realizó con el fin de verificar la calidad microbiológica de esta especie conocida comúnmente como TILAPIA; es de nuestro agrado compartir los resultados de nuestra investigación, esperando que los hallazgos sean de apoyo para los diferentes proyectos desarrollados por la institución.

Sin más que agregar nos despedimos cordialmente, deseando éxitos en sus labores diarias.



Herson Wilfredo Guerrero Rivas

Tel: 7366-6453

Correo: hersonguerrero2@gmail.com



fd! 22101760

**ANEXO N°30**

**Artículo científico**

## Determinación de parámetros microbiológicos en musculo y branquias de *Oreochromis spp.* (Tilapia) cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador

H. Guerrero-Rivas<sup>1</sup>, A. Ventura-Martínez<sup>1</sup>, E. Martínez-Hernandez<sup>2</sup>,  
E. Alvarenga-Marroquín<sup>2</sup>

### Resumen

El presente estudio se realizó entre septiembre-noviembre del año 2021 en tres sectores de zona central de El Salvador: Lago de Suchitlán, Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur. Para la recolección de la muestra se llevó a cabo un muestreo por conveniencia, de cada sector se tomaron 60 peces, estos se dividieron en 5 muestras compuestas de 12 peces cada una, en la cual cada pez debía pesar entre 200 y 400 g. El objetivo de la investigación fue determinar los parámetros microbiológicos en musculo y branquias de *Oreochromis spp.* (Tilapia) cultivada en la zona central de El Salvador. Los parámetros microbiológicos determinados en base al RTCA 67.04.50:17 1ra revisión fueron: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, y *Vibrio cholerae*. Para la determinación de *Staphylococcus aureus* se sembró en placas Baird Parker y posterior se sembró las colonias sospechosas en plasma, encontrando que en los 3 sitios no se obtuvo presencia determinándose <10 UFC/g; para la determinación de *Escherichia coli* se sembró en placas Chromocult y posterior se sembró las colonias sospechosas en placas EMB, encontrando que solo el Lago de Suchitlán obtuvo presencia determinándose  $2.0 \times 10^3$  UFC/g, superando el límite establecido por el RTCA (10-100 UFC/g); para la determinación de *Salmonella spp.* se sembró en placas XLD y SS y posterior se sembró las colonias sospechosas en pruebas bioquímicas: TSI y LIA, encontrando que en los 3 sitios se obtuvo presencia de este microorganismo; para la determinación de *Vibrio cholerae* se sembró en placas TCBS y posterior se analizó las muestras sospechosas haciendo uso del Vitek 2, encontrando ausencia de este microorganismo. Concluyendo que los 3 sitios no cumplen con el RTCA establecido debido a la presencia de *Salmonella spp.*, determinando que el sitio de muestreo del Lago de Suchitlán es el que presentó mayor crecimiento de microorganismo debido a que también se encontró *Escherichia coli*.

Palabras claves: Parámetros microbiológicos, Tilapia, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Vibrio cholerae*, seguridad.

<sup>1</sup>Estudiantes tesis de la facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador-El Salvador.

<sup>2</sup>Docentes asesores de la facultad de Agronomía y Química y Farmacia, Universidad de El Salvador-El Salvador.

Autores para correspondencia: [gr13053@ues.edu.sv](mailto:gr13053@ues.edu.sv), [vm150015@ues.edu.sv](mailto:vm150015@ues.edu.sv)

## Abstract

The present study was carried out between September-November 2021 in three sectors of the central zone of El Salvador: Lake Suchitlán, Lake Ilopango and the Atiocoyo Sur Irrigation District. For the collection of the sample, a convenience sampling was carried out, from each sector 60 fish were taken, these were divided into 5 samples composed of 12 fish each, in which each fish had to weigh between 200 and 400 g. The objective of the research was to determine the microbiological parameters in muscle and gills of *Oreochromis* spp. (Tilapia) cultivated in the central zone of El Salvador. The microbiological parameters determined based on RTCA 67.04.50:17 1st revision was: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, and *Vibrio cholerae*. For the determination of *Staphylococcus aureus*, it was sown in Baird Parker plates and later the suspicious colonies were sown in plasma, finding that no presence was obtained in the 3 sites, determining <10 CFU/g; for the determination of *Escherichia coli*, it was sown in Chromocult plates and later the suspicious colonies were sown in EMB plates, finding that only Lake Suchitlán was present, determining  $2.0 \times 10^3$  CFU/g, exceeding the limit established by the RTCA (10-100 CFU /g); for the determination of *Salmonella* spp. it was sown in XLD and SS plates and later the suspicious colonies were sown in biochemical tests: TSI and LIA, finding that in the 3 sites the presence of this microorganism was obtained; For the determination of *Vibrio cholerae*, it was sown in TCBS plates and later the suspicious samples were analyzed using Vitek 2, finding the absence of this microorganism. Concluding that the 3 sites do not comply with the established RTCA due to the presence of *Salmonella* spp., determining that the sampling site of Lake Suchitlán is the one that presented the highest growth of microorganisms because *Escherichia coli* was also found.

Keywords: Microbiological parameters, Tilapia, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Vibrio cholerae*, Safety.

---

## 1. Introducción

El cultivo de Tilapia en El Salvador es una alternativa fácil y práctica que se puede llevar a cabo en muchos sectores del país.<sup>(1)</sup> Esta especie es comúnmente seleccionada porque tiene rápido crecimiento, es fácil su

reproducción y tiene resistencia a enfermedades; Sin embargo, a pesar de las fortalezas que presenta el cultivo de tilapia, los productos que son vendidos a nivel del mercado local no necesariamente han sido

<sup>1</sup>Estudiantes tesistas de la facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador-El Salvador.

<sup>2</sup>Docentes asesores de la facultad de Agronomía y Química y Farmacia, Universidad de El Salvador-El Salvador.

Autores para correspondencia: [gr13053@ues.edu.sv](mailto:gr13053@ues.edu.sv), [vm150015@ues.edu.sv](mailto:vm150015@ues.edu.sv)

cultivados bajo una guía de Buenas Prácticas Acuícolas que asegure la inocuidad del alimento.<sup>(2)</sup> La inocuidad se define como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud.<sup>(3)</sup> La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar los parámetros microbiológicos en músculo y branquias de *Oreochromis spp.* (tilapia) cultivada en tres sectores de la zona central de El Salvador: Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, Lago de Ilopango y Lago de Suchitlán. El RTCA 67.04.50:17 establece que, *Oreochromis spp.* es un alimento de riesgo tipo A, el cual por su naturaleza, composición, proceso,

manipulación y población a la que va dirigida, tienen una alta probabilidad de causar daño a la salud, por esta razón se verificó si los productos de los sectores ya antes mencionados están por debajo de los límites permitidos o si hay ausencia de microorganismos patógenos.<sup>(4)</sup> Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, en el período comprendido entre septiembre-noviembre del año 2021. Posteriormente los resultados obtenidos de esta investigación se dieron a conocer al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en colaboración al plan estratégico de acuicultura 2015-2025 del con el Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA).

## 2. Metodología

La determinación de los parámetros microbiológicos de *Oreochromis spp.* cultivada en los tres sectores de la zona central se llevó a cabo en una sola fase. Debido a que el universo de peces era bastante grande en los tres sectores, se utilizó para la toma de muestra un muestreo por conveniencia con el fin de reducir el sesgo que podía producir el muestreo por sí solo. El parámetro que se estableció en el muestreo por conveniencia fue el peso del pez, el cual debía ser entre 200 a 400 gramos, que es en el cual el pez tiene una edad entre 4 a 6 meses; en el

caso del Lago de Suchitlán y el Lago de Ilopango se tomó las jaulas en las cuales estaban distribuidos los peces (muestreando 4 jaulas de peces que estaban en el parámetro establecido) y en el caso de Distrito de Riego de Atiocoyo Sur que su cultivo se realiza de forma libre (muestreando de 4 puntos diferentes los peces que se esperaban entraran en el parámetro establecido); teniendo así entre los 3 sectores un total de 180 peces, haciendo 15 muestras compuestas de 12 ejemplares cada una, es decir, 5 muestras compuestas por sector.

### 2.1 Análisis de *Escherichia coli*<sup>(5)</sup>

La metodología ocupada fue en base a la declarada en el BAM.

### 2.2 Análisis de *S. aureus*<sup>(5)</sup>

La metodología ocupada fue en base a la declarada en el BAM.

### 2.3 Análisis de *Salmonella spp.*<sup>(5)</sup>

La metodología ocupada fue en base a la declarada en el BAM.

### 2.4 Análisis de *Vibrio cholerae*<sup>(5)</sup>

La metodología ocupada fue en base a la declarada en el BAM.

### 2.5 Análisis estadístico

Los resultados cuantitativos que se obtuvieron fueron analizados por medio de un diseño completo al azar. La normalidad de los datos fue evaluada a través de la prueba estadística de Shapiro-Wilks. En el estudio no se contó con crecimiento cuantitativo en todos los sitios, por lo cual no se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si las medias difieren o no significativamente entre sitios. Para la tabulación de los datos se utilizó plantillas de Excel, y para el análisis estadístico el programa "InfoStat/E versión 2020".

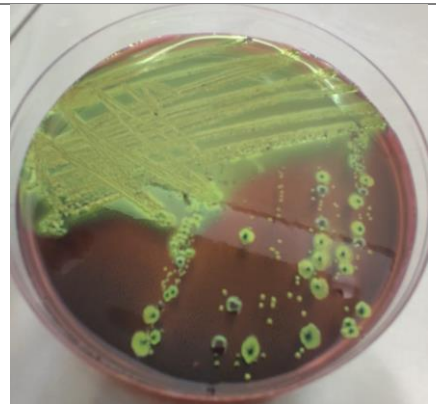
## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Determinación de *E. coli*

Parker & Parker <sup>(6)</sup> menciona que las fuentes de contaminación de *E. coli* son a través de los alimentos y agua contaminados con heces humanas o de animales; mencionando que la transmisión entre persona y persona puede ocurrir, pero es probable que sea menos común. Por lo cual se establece como parámetro el control de este microorganismo en los alimentos con el fin de salvaguardar la salud del consumidor.

-Lago de Suchitlán

La determinación de *E. coli* en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias rosadas y azules en todas las placas; lo cual de acuerdo con la FDA <sup>(5)</sup> las colonias azules representan crecimiento de coliformes fecales. Tomando hasta este punto el resultado como crecimiento presuntivo de *E. coli*.



Mx3 Lago de Suchitlán

Figura N°1 . Crecimiento confirmativo de *Escherichia coli*.

En la figura N°1 Se muestra la confirmación de la presencia *E. coli*. Obteniéndose en las 5 muestras crecimiento de colonias verdes metálicas, que de acuerdo con la FDA<sup>(5)</sup> representa crecimiento confirmatorio de *Escherichia coli*, determinando presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Suchitlán. Reportándose un valor promedio de  $2.0 \times 10^3$  UFC/g.

-Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

Al analizar las 5 muestras compuestas de cada sitio no se obtuvo crecimiento de colonias azules, por lo cual al ser un medio diferencial y no obtener crecimiento característico de colonias de *Escherichia coli*, se determina

ausencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur. Reportándose ambos sitios como el inverso de la dilución menor,  $<10$  UFC/g.

Heymann <sup>(7)</sup> menciona que la contaminación de *E. coli* en alimentos se puede atribuir al ganado y un control no adecuado de su contenido fecal, tanto en su crianza como al momento del sacrificio, sumándose a esto el agua contaminada por mismo contacto con el ganado; explicando que la contaminación por *E. coli* de lagos, ríos y arroyos ocurre regularmente a través de escorrentía contaminada de fincas cercanas.

Romero & Rivera <sup>(8)</sup> fundamenta la información de Heymann mencionando que la determinación de *E. coli* en muestras de *Oreochromis spp.* se puede atribuir a que tanto en manipuladores como en el agua hay contaminación de origen fecal, que por ende en branquias y carne de tilapia es normal que se encuentre.

Merino & Flores <sup>(9)</sup> mencionan que en el Distrito de Riego la principal fuente de abastecimiento de agua es el Río Sucio, del cual se toma el agua para los cultivos por medio de un sistema de canales abiertos, siendo además uno de los ríos más contaminados del país.

Mena <sup>(10)</sup> también menciona que en un estudio anterior , la calidad bacteriológica del lago de Ilopango evaluada a través del indicador coliformes fecales, muestra ausencia de dicho indicador de contaminantes por heces fecales, atribuyéndolo a las toxinas generadas por las algas verdes azules con cierto factor bactericida.

### 3.2 Determinación de *S. aureus*.

Freeman L & Freeman K <sup>(11)</sup> explican que la comida contaminada con *S. aureus* causa intoxicación alimentaria, la cual es diferente a la que producen otras bacterias, mencionando que no son las bacterias mismas las que hacen que el paciente enferme, sino las toxinas que las bacterias liberan en el alimento. Por lo tanto, no es posible prevenir la infección calentando alimentos contaminados para matar las bacterias porque las toxinas no se ven afectadas por calor.

-Lago de Suchitlán y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

Al analizar las 5 muestras compuestas de cada sitio se obtuvo crecimiento de colonias negras en ambos sitios, por lo cual se realizó la prueba de coagulosa a las colonias sospechosas; sin embargo no se obtuvo formación del coágulo por lo que se determina ausencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Suchitlán y

Distrito de Riego de Atiocoyo Sur. Reportándose ambos sitios como el inverso de la dilución menor, <10 UFC/g.

-Lago de Ilopango

Al analizar las muestras compuestas no se obtuvo crecimiento de colonias negras, por lo cual se determina ausencia. Reportándose como el inverso de la dilución menor, <10 UFC/g.

Romero & Rivera <sup>(8)</sup> menciona que en su estudio las muestras analizadas de tilapia de la zona de Atiocoyo no presentaron presencia de *S. aureus*; sin embargo, el análisis a las manos de los manipuladores arrojó presencia de *S. epidermidis*, lo cual indicaba malas prácticas higiénicas por parte de los manipuladores y una posible fuente de contaminación de *Staphylococcus spp.*

Payeres et al <sup>(12)</sup> menciona que cuando los productos pesqueros provienen de fuentes contaminadas o una manipulación no adecuada, el consumo crudo o ligeramente cocido puede ser causa de brotes de enfermedades que pueden conducir a problemas de salud pública. Mencionando que las fuentes de contaminación principales de *S. aureus* se basa en los manipuladores y utensilios utilizados para el proceso de cultivo.

Freeman L & Freeman K <sup>(11)</sup> refuerzan lo anterior explicando que una causa común es la contaminación no intencional de los alimentos por parte de los trabajadores de alimentos que están colonizados con *S. aureus*. Si los alimentos no se mantienen a la temperatura adecuada, las bacterias crecen y producen toxinas, siendo estas las responsables de producir intoxicación alimentaria.

### 3.3 Determinación de *Salmonella* spp.

Bell <sup>(13)</sup> menciona que Las principales fuentes de *Salmonella* spp. se encuentran en el tracto gastrointestinal de humanos, animales domésticos y salvajes, pájaros y roedores; Como consecuencia, están muy extendidos en el entorno natural, incluido el suelo y aguas.

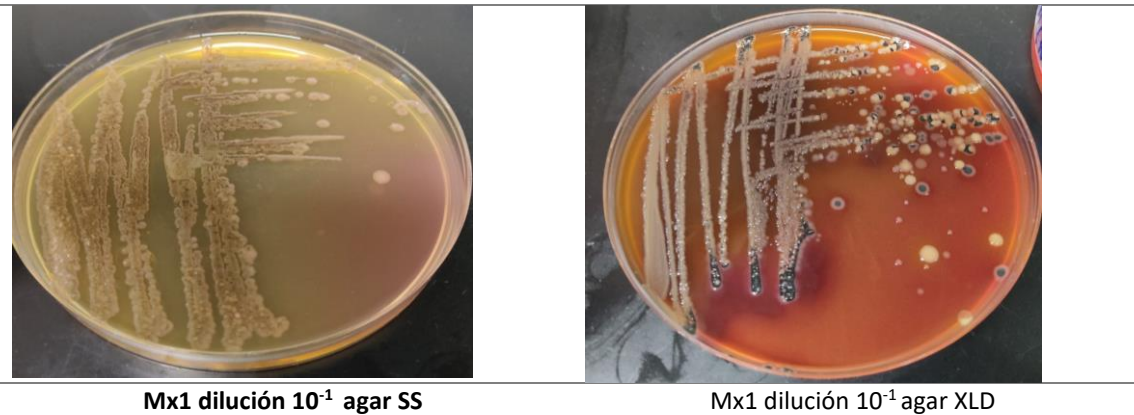


Figura N° 2. Crecimiento presuntivo de *Salmonella* spp. en Agar SS y XLD en Lago de Suchitlán

-Lago de Suchitlán, Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

La determinación de *Salmonella* spp. en las muestras de estudio produjo como resultado crecimiento de colonias características tanto en las placas de SS como de XLD (ver figura N°2); lo cual de acuerdo con la FDA <sup>(5)</sup> representan crecimiento presuntivo *Salmonella* spp. En los resultados obtenidos en las pruebas

confirmatorias de *Salmonella* spp, Se obtuvo formación de fondo color morado B/B en los tubos de LIA y fondo color amarillo B/A en los tubos de TSI , algunos tubos con ennegrecimiento por la formación de H<sub>2</sub>S que de acuerdo con la FDA <sup>(5)</sup> representa crecimiento confirmatorio de *Salmonella* spp., determinando presencia de este microorganismo en muestras analizadas del Lago de Suchitlán.

Brands A & Alcamo E <sup>(14)</sup> menciona que las infecciones por *Salmonella* han sido durante mucho tiempo una preocupación para científicos, médicos y la FDA. Mencionando que los mariscos eran una fuente importante de esta bacteria, por lo cual se establecieron lineamientos para los acuicultores con el fin de regular y evitar la propagación; entre estos lineamientos, resaltando el cuidado del agua de cultivo y su almacenamiento.

Romero & Rivera <sup>(8)</sup> menciona que la presencia de *Salmonella spp.* depende del medio ambiente donde se encuentra la zona de cultivo, y de la calidad del agua utilizada. Recordando que al no conocer la especie de *Salmonella*, se desconoce si es *Salmonella bongori* que es de origen animal, o *Salmonella entérica* que es de origen humano.

Echandi & Ulate <sup>(15)</sup> menciona que en su estudio no se logró aislar *Salmonella spp.*, lo cual menciona que evidenciaba la buena calidad del agua utilizada en la crianza de esos peces. Por lo cual al tener crecimiento de *Salmonella spp.* en los 3 sitios de estudio se puede atribuir como posibles fuentes de contaminación la zona de cultivo y la calidad del agua; sin embargo, cabe recalcar que se debe de optar por realizar más pruebas moleculares

que permitan identificar la especie y mayor información de cómo deben actuar los sitios de estudio ante la presencia de este microorganismo.

### 3.4 Determinación de *Vibrio cholerae*

Drasar & Forrest <sup>(16)</sup> mencionan que las enfermedades diarreicas son una casusa importante de mortalidad y morbilidad, en donde el *Vibrio cholerae* es una importante causa de diarrea tanto en niños como adultos: esta enfermedad comienza con la ingestión de un alimento o agua que actúa como vehículo que contiene *Vibrio cholerae* patógeno. Provocando así una serie de adaptaciones que le permitan colonizar el intestino delgado y causar problemas al consumidor.

-Lago de Suchitlán, Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur

Se analizaron 5 muestras compuestas de *Oreochromis spp.* en el medio TCBS realizándose por duplicado en diluciones de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$ , obteniéndose crecimiento de colonias lisas, amarillas y ligeramente planas con centros opacos y periferias traslúcidas. (ver figura N°3) en los 3 sitios de estudio, lo cual de acuerdo a la FDA <sup>(5)</sup> es presuntivo de crecimiento de *Vibrio spp.*

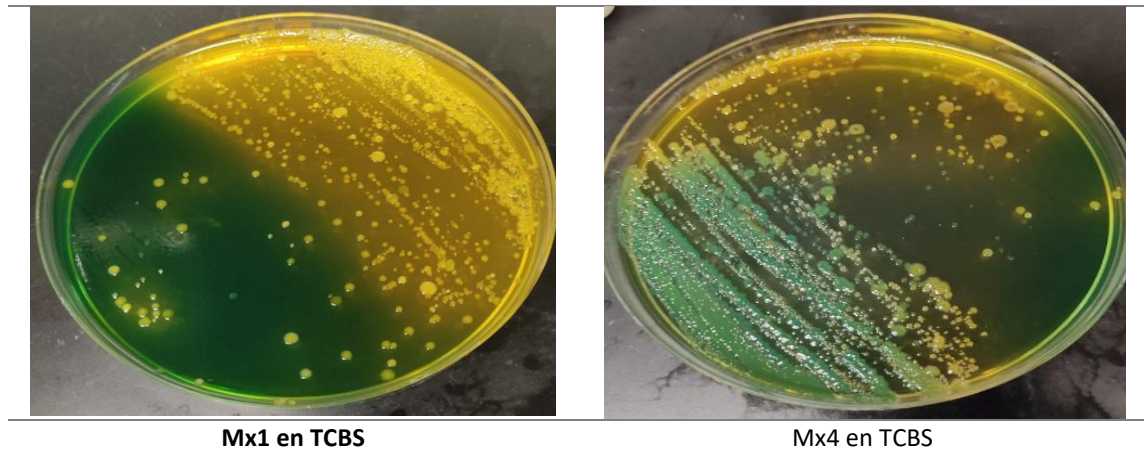


Figura N°3. Crecimiento presuntivo de *Vibrio spp.* en Agar TCBS en Lago de Suchitlán.

Para realizar la confirmación de la presencia *Vibrio cholerae* se realiza una prueba confirmatoria, siendo en este caso el análisis por medio del Vitek 2. Dando como resultado que no había presencia de *Vibrio spp.* y por medio de la prueba del antibiograma se determinó con un 95% de probabilidad que en el Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Aticocho Sur, el microorganismo presente era *Pseudomonas mendocina* Y en el Lago de Suchitlán, el microorganismo presente era *Aeromonas hydrophila*. Determinando ausencia en las muestras analizadas en los 3 sitios de estudio, por lo cual se determina Ausencia/25 g en los 3 sitios de estudio.

Romero & Rivera <sup>(8)</sup> mencionan que la presencia de *Vibrio spp.* representan un potencial peligro para la salud de los consumidores y su

presencia depende principalmente del medio ambiente donde se encuentra la zona de cultivo y de la calidad del agua utilizada. Por lo cual al no tener crecimiento de *Vibrio spp.* en los 3 sitios de estudio se puede atribuir una manipulación de la zona de cultivo y la calidad del agua adecuada; sin embargo, teniendo en cuenta que hay aspectos que se deben mejorar ante la presencia de *Salmonella spp.* localizada de igual forma en los 3 sitios de estudio.

Además Mahmoud <sup>(17)</sup> menciona que las bacterias (bacterias autóctonas) que pertenecen a la microflora natural del pescado son: *Clostridium botulinum*, *Vibrio spp. patógeno*, y *Aeromonas hydrophila*. Lo cual explicaría parte de los resultados que dio el antibiograma realizado a las muestras de estudio.

En el cuadro N°1 se presenta de forma directa el cumplimiento o no de las muestras de los 3 sitios de estudio de acuerdo al RTCA 67.04.50:17 1ra revisión (vigilancia).

Cuadro N°1. Tabla de resultados obtenidos en los tres sectores de estudio.

ZONA DE MUESTREO	MICROORGANISMO	Especificación		Resultado	Dictamen
		Limite m	Limite M		
Lago de Suchitlán(1)	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	2x10 <sup>3</sup> UFC/g	No Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	Presume presencia	No cumple
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple
Lago de Ilopango (2)	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	Presencia	No cumple
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple
Zona de Riego Atiocoyo Sur (3)	<i>Escherichia coli</i>	10 UFG/g	100 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Staphylococcus aureus</i>	100 UFC/g	1000 UFC/g	<10 UFC/g	Cumple
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia/25g	-----	Presencia	No cumple
	<i>Vibrio cholerae</i>	Ausencia/25g	-----	Ausencia	Cumple

#### 4. Conclusiones

- Se determinó la presencia de *Escherichia coli* en niveles arriba de 100 UFC/g en todas las muestras tomadas del lago de Suchitlán , lo cual indica que no cumple el límite máximo establecido por el RTCA para este patógeno en este alimento.
- En los sitios de muestreo 2 y 3: Lago de Ilopango y Distrito de Riego de Atiocoyo Sur, no se encontró presencia de *E. coli*; sin embargo, se encontró presencia de coliformes totales.
- La presencia de coliformes totales indica que existe una vía de contaminación de este tipo de microorganismos en los tres sitios de muestreo.
- Ninguna de las muestras de los tres sitios de muestreo evidenció la presencia de *S. aureus* por arriba del límite establecido por el RTCA de alimentos,

sugiriendo ausencia de contaminación debido a una manipulación correcta por parte de los operadores.

- El RTCA 67.04.50:17 1ra revisión (vigilancia) establece como parámetro la ausencia de *Salmonella spp.*; por tanto, se determinó con los resultados obtenidos que los tres sitios muestreados comparados con esta reglamentación no cumplen por la presencia de este microorganismo.
- La presencia de *Salmonella spp.* que se obtuvo en los tres sitios de estudio puede ser por origen fecal, mala calidad del agua, la microbiota de la especie, entre otros factores. No se puede concluir el factor contaminante principal al desconocer el serotipo del género *Salmonella*.
- En la identificación de *Vibrio cholerae* no se encontró presencia en las muestras analizadas de los tres sitios de estudio, por tanto se reportan como ausente en la investigación.
- Al comparar los tres sitios de muestreo entre sí, se determinó que el sitio de muestreo 1 (Lago de Suchitlán) es el que presentó mayor crecimiento de microorganismos, siendo estos: *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

## 5. Recomendaciones

- Realizar un plan de muestreo a otros productores de las zonas de estudio para evaluar la calidad microbiológica de las especies de *Oreochromis spp.* que cultivan.
- Llevar a cabo una evaluación periódica de la calidad del agua utilizada para el cultivo, y de las especies como tal. (en los sitios donde se concentra la mayor cantidad de productores), que se realice por medio de una forma de trabajo de grado.
- Profundizar en la validación de métodos de detección de *Salmonella* en este tipos de muestras, con el fin de obtener resultados concluyentes que permitan dar resultados más seguros.
- Profundizar el estudio de los microorganismos encontrados en exceso, como: coliformes totales, *Pseudomonas* y *Aeromonas*, con respecto a la Tilapia como alimento.
- Informar mediante la entidad correspondiente o el Ministerio de Agricultura y Ganadería a los productores de *Oreochromis spp.* que por la naturaleza, manipulación del producto, y población a la que va dirigida este alimento, un

inadecuado manejo en el cultivo (mala calidad del agua, manipulación inadecuada, desechos de animales, entre otros factores más) puede representar un grave peligro a la salud del consumidor.

- Realizar protocolos intermitentes de monitoreo a los diferentes productores de esta especie, con el fin de llevar un mejor control y asegurar el cumplimiento del RTCA de alimentos y criterios microbiológicos.

## 6. Bibliografía

1. Arévalo Villalta, T.J. & Marín, A.G. Comparación del rendimiento del cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando machos reversados versus machos genéticamente mejorados (supermachos) criados en sistema intensivo [Ingeniero Agrónomo]. Universidad de El Salvador; 2011.
2. Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA). Manual sobre reproducción y cultivo de Tilapia. El Salvador;2008.
3. Minsalud. Calidad e inocuidad de alimentos. [Internet]. 2022 [Consultado 04 Junio 2022]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/inocuidadalimentos.aspx#:~:text=%E2%80%8B%E2%80%8BLa%20inocuidad%20de,un%20riesgo%20para%20la%20salud.&text=consumo>.
4. Reglamento técnico Centroamericano 67.04.50:17 1<sup>ra</sup> Revisión. Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos. Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO); 2017
5. U.S Food and Drug Administration (FDA). Bacteriological Analytical Manual Online (BAM). [Internet]. 2001 [Consultado 10 mayo 2021]. Disponible en: [file:///C:/Users/alim/Downloads/Bacteriological\\_Analytical\\_Manual.pdf](file:///C:/Users/alim/Downloads/Bacteriological_Analytical_Manual.pdf).
6. Parker J & Parker P. The official patient's sourcebook on diarrheagenic escherichia coli. USA: ICON Group International; 2002.
7. Heymann D. Escherichia coli infections. 2nd. Ed. New York: Infobase publishing; 2010.

8. Romero Monje MY, Romero Rivera MH. Determinación del perfil bacteriológico de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) fresca y su respectiva agua de estanque proveniente del cantón Atiocoyo, municipio de San Pablo Tacachico, La Libertad. [Químico Farmacéutico]. Universidad de El Salvador; 2012.
9. Merino, E & Flores, M. Perfil parasitológico de *Oreochromis niloticus* y su relación con la calidad del agua en granjas acuícolas del distrito de riego de Atiocoyo, San Pablo Tacachico, La Libertad, El Salvador. [Licenciatura en Biología]. Universidad de El Salvador; 2015.
10. Mena, Z. Evaluación de la Calidad del Agua del Lago de Ilopango. [Internet]. 2015 [Consultado 20 Marzo 2022]. Disponible en: file:///C:/Users/alim/OneDrive/Escritorio/Tesis/Bibliograf%C3%ADa/Calidad%20de%20Agua%20Ilopango%202015.pdf.
11. Freeman L & Freeman K. *Stahylococcus aureus* Infentions. USA: Chelsea House Publishers; 2005.
12. Luna-Payares ER, Rosado-Cárcamo RR, Ruiz-Garcés LC, Berrocal-Contreras MM. Calidad microbiológica de la carne de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) procedente de una planta de sacrificio en Tierralta Córdoba. *Revista Investigación Pecuaria/REVIP*[Internet]. 2016 [Consultado 27 Mar 2021]: 1:89-90. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/2936/3618>.
13. Bell C. *Salmonella: A parctical approach to the organism and its control in food*. UK: Wiley-Blackwell; 2001.
14. Brands A & Alcamo E. *Salmonella (deadly diseases and epidemics)*. USA: Chelsea House Publishers; 2005.
15. Arias Echandi ML, Chávez Ulate C. Calidad microbiológica de la materia prima y el producto final del ceviche de tilapia y de camarón expendidos en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica. *UNED Resarce Journal/ Cuadernos de investigación UNED* [Internet]. 2012 [Consultado 27 Mar 2021]; 4(1):85-92.

16. Drasar B & Forrest B. Cholerae and the ecology of *Vibrio cholerae*. USA: Chapman & Hall; 1996.
17. Mahmoud S. Salmonella a dangerous foodborne pathogen. Croaria: In Tech; 2011.

