

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE *Salmonella spp.*
EN TILAPIA FRESCA (*Oreochromis niloticus*) PARA EL
CONSUMO HUMANO EN EL MERCADO LA TERMINAL,
UBICADO EN LA ZONA 4 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

ANDREA YADIRA PORRES CAMACHO

Médica Veterinaria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE *Salmonella spp.* EN
TILAPIA FRESCA (*Oreochromis niloticus*) PARA EL CONSUMO
HUMANO EN EL MERCADO LA TERMINAL, UBICADO EN LA
ZONA 4 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

ANDREA YADIRA PORRES CAMACHO

Al conferírsele el título profesional de

Médica Veterinaria

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA

DECANO: M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO: Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I: M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II: Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III: Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV: Br. Yasmín Adalí Sian Gamboa
VOCAL V: Br. Maria Fernanda Amézquita Estévez

ASESORES

DRA. JACQUELINE ESCOBAR MUÑOZ
LIC. CARLOS FRANCISCO CHINCHILLA GARCÍA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE *Salmonella spp.* EN TILAPIA FRESCA (*Oreochromis niloticus*) PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL MERCADO LA TERMINAL, UBICADO EN LA ZONA 4 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICA VETERINARIA

ACTO QUE DEDICO A:

- A Dios:** Porque nunca me has dejado sola en cada etapa de mi vida, y siempre estarás conmigo.
- A mi papá Guillermo Porres:** Porque fuiste y eres un gran padre, me enseñaste muchas cosas y siempre me inspirarás a seguir cosechando éxitos.
- A mi mamá Mayra Camacho:** Por tu apoyo, que siempre es incondicional, y por enseñarme a ser fuerte y valiente ante cualquier circunstancia de la vida.
- A mi hermano Aníbal Porres:** Porque eres una persona muy especial para mí, y única, con grandes cualidades.
- A mi Familia:** Porque son una familia muy bonita y divertida, llena de amor y de muchas bendiciones.
- A mi mejor amigo Sergio:** Porque sos la prueba que los mejores amigos si existen, y aun estando distanciados hemos logrado conservar nuestra amistad.
- A mis amigas:** Por su cariño, al haber compartido varios años de momentos únicos en la universidad.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios:** Te agradezco por todo lo que haces por mí.
- A mi papá Guillermo Porres:** Te agradezco por ser comprensivo y amoroso, por apoyarme y siempre estar orgulloso de mí. Gracias por tus enseñanzas, tus consejos y por haber compartido tantos momentos de alegría conmigo.
- A mi mamá Mayra Camacho:** Te agradezco porque siempre me has apoyado y me has instruido para que yo pueda enfrentar cada obstáculo de la vida. Gracias porque sé, que siempre puedo contar contigo.
- A mi hermano Aníbal Porres:** Eres una persona que me ha enseñado a ver siempre el lado positivo de las cosas.
- A mi madrina,
Lcda. Anabella Camacho:** Te agradezco por todo tu cariño y todo el apoyo que siempre has brindado a cada integrante de mi familia.
- A mi madrina,
Lcda. Elimer García:** Te agradezco porque siempre sos de gran apoyo, gracias por el gran cariño que nos tenes a todos.
- A mi madrina,
M.V. Hannia Ruiz:** Le agradezco por haber compartido conmigo de su experiencia y por haberme dado la oportunidad de aprender muchas cosas en su clínica junto con Natali.
- A la Universidad de
San Carlos de Guatemala:** Por ser mi casa de estudios.

**A la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia:**

Por permitirme llevar a cabo mi formación como profesional.

**A mi asesora de tesis,
Dra. Jacqueline Escobar:**

Le agradezco por haberme asesorado y apoyado durante la elaboración de mi proyecto de investigación.

**A mi asesor de tesis,
Lic. Carlos Chinchilla:**

Le agradezco por haberme brindado su asesoría para que yo llevara a cabo mi proyecto de graduación.

**Al Laboratorio de
Microbiología de la FMVZ:**

Por permitirme llevar a cabo la fase experimental de mi proyecto en sus instalaciones.

**A mi evaluadora,
M.A. Andrea Muñoz:**

Por sus valiosas aportaciones a mi proyecto de graduación.

A todas mis Amigas:

Por compartir momentos únicos haciendo que cada experiencia en la universidad fuera inolvidable.

A mi Mejor Amigo:

Porque aunque no nos veamos seguido, sé que puedo contar con tu amistad.

A:

Todas las personas que conocí a lo largo de mi carrera universitaria que aportaron enseñanzas para mi vida.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	4
3.1.1 Características.....	4
3.1.2 Producción y consumo de la tilapia	4
3.2 Contaminación bacteriana de la tilapia	5
3.2.1 Presencia de bacterias patógenas en piel y agalla de tilapia.....	7
3.3 <i>Salmonella</i> spp.	8
3.3.1 Clasificación	8
3.3.2 Características morfológicas	11
3.3.3 Características bioquímicas.....	12
3.3.4 Hábitat	12
3.3.5 Mecanismos de patogenicidad	12
3.3.6 Diagnóstico en laboratorio	14
3.4 Salmonelosis	14
3.4.1 Salmonelosis en humanos.....	15
3.4.2 Manifestaciones clínicas.....	15
3.4.3 Epidemiología.....	16
3.5 Presencia de <i>Salmonella</i> en pescado.....	17
3.5.1 Estudios sobre la presencia de <i>Salmonella</i> en tilapia.....	18

3.6 Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1 Materiales	21
4.1.1 Recurso humano	21
4.1.2 Recursos de campo.....	21
4.1.3 Recursos biológicos.....	21
4.1.4 Recursos de laboratorio.....	22
4.2 Metodología	23
4.2.1 Naturaleza del estudio	23
4.2.2 Área de estudio	23
4.2.3 Manejo del estudio.....	24
4.2.4 Criterio de inclusión y criterio de exclusión.....	24
4.2.5 Toma de muestras.....	24
4.2.6 Procedimiento de laboratorio.....	25
4.2.7 Tabulación y análisis de resultados	26
4.2.8 Descripción de las variables	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES	34
VIII. RESUMEN	35
SUMMARY	36
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
X. ANEXOS.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	
Especies de <i>Salmonella</i> según la clasificación de Kauffman-White.....	10
Cuadro 2	
Serotipos más comunes causantes de enfermedad.	11
Cuadro 3	
Mecanismos de patogenicidad de <i>Salmonella</i> spp.	13
Cuadro 4	
Total de muestras positivas y negativas de la presencia de <i>Salmonella</i> spp. en tilapia fresca (<i>O. niloticus</i>)	27
Cuadro 5	
Resultados obtenidos de la presencia de <i>Salmonella</i> spp. en agalla y piel de tilapia fresca (<i>O. niloticus</i>)	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1

Total de muestras positivas y negativas de la presencia de *Salmonella* spp. en tilapia fresca (*O. niloticus*) 29

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de transmisión alimentaria “ETAS”, constituyen actualmente un problema creciente de salud pública, y el más extendido.

En Guatemala se ha reportado la presencia de ETAS como síndrome diarreico, sin identificar al agente etiológico y el alimento implicado. Durante el período 2009-2015 se registró un total de 3,696,814 casos de ETAS; 333,580 casos en el año 2016 y 352,944 casos para la semana epidemiológica 26 del año 2017 (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2007; MSPAS, 2016; MSPAS, 2017).

La salmonelosis es una de las enfermedades de transmisión alimentaria más comunes. El agente etiológico es la bacteria con forma de bacilo y gramnegativa *Salmonella* spp., que ocasiona diarrea, náusea, dolor abdominal y fiebre en el ser humano. Los alimentos que se han asociado a la mayoría de los 1.3 billones de casos de salmonelosis a nivel mundial son el pescado, mariscos y huevos mal preparados (Bibi, et al., 2015).

Entre las principales especies de pescado cultivadas para consumo humano alrededor del mundo se encuentra la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), de la cual se estima una producción mundial de 1.6 toneladas métricas al año. Su consumo beneficia al ser humano por su alto nivel de nutrientes al proveer alrededor de 75% de los requerimientos de proteína de origen animal en países en vías de desarrollo, como Guatemala, que, en el año 2015, se registró una producción nacional de 9500 toneladas y un consumo per cápita de 1.29lb. Sin embargo, estudios realizados en diversos países demuestran la presencia positiva de la bacteria *Salmonella* spp. en tilapia fresca (Gonzales, Paternina & Carrillo, 2016; Agrocadena de la tilapia de Guatemala, 2016; Sandoval, 2015).

La contaminación del pescado se origina a partir de prácticas de higiene ineficientes en toda la cadena de manejo del producto. Así lo determina un estudio publicado en Brasil, donde la prevalencia de *Salmonella* es de 3.4% en Tilapia del Nilo (*O. niloticus*) (Semedo, Silva, da Cuhna & de Souza, 2018). Otro estudio realizado en Kenia Occidental, reporta la presencia de *S. Typhimurium*, *S. Typhi* y *S. Enteritidis* en Tilapia del Nilo, asumiendo que la contaminación es de origen animal y humana. Además, al realizar una evaluación microbiológica de la tilapia fresca proveniente de tres mercados en Nigeria, se establece que *Salmonella* está presente en el cuerpo, agallas y vísceras, sugiriendo un mejor control de las medidas sanitarias de los alimentos (Cortés & Espinoza, 2018).

Por lo tanto, la tilapia es un alimento con características nutricionales beneficiosas para los humanos, pero se considera portador de *Salmonella* spp., representando un riesgo a la salud de la población. Por lo que se decide realizar el estudio para determinar la presencia de *Salmonella* spp. en Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), distribuida en el mercado “La Terminal” ubicado en la zona 4 de la ciudad de Guatemala.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Contribuir al estudio de la presencia de *Salmonella* spp. en tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) expendida en el mercado “La Terminal”.

2.2 Específicos

- Determinar la presencia de *Salmonella* spp. en muestras de piel y agalla de tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) por medio de cultivo bacteriológico, obtenidas de los expendios del mercado “La Terminal”.
- Comparar si existe diferencia de la presencia de *Salmonella* spp. de muestras de piel y de agalla de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La tilapia, también conocida como tilapia del Nilo, es un pez cuyo origen en el arte de la acuicultura se extiende hacia la época antigua de los egipcios. Actualmente se ha extendido alrededor del mundo, siendo la especie más cultivada debido a sus características nutricionales y su adaptabilidad al medio ambiente (FAO, s.f.; Pérez, 2013).

3.1.1 Características.

Entre sus rasgos biológicos destaca un cuerpo comprimido, escamas cicloideas, espinas rígidas y blandas y numerosas líneas negras en aleta dorsal, y una aleta caudal trunca (FAO, s.f.).

Nutricionalmente es un alimento de fácil digestibilidad, y un alto valor proteico ya que provee el 25% de proteína de origen animal para países desarrollados y el 75% en países en vía de desarrollo. Es una fuente de ácidos grasos esenciales (Omega 3 y Omega 6), vitaminas hidrosolubles como liposolubles, minerales (hierro, sodio y calcio) y un contenido calórico bajo (Pérez, 2013; Sandoval, 2015).

3.1.2 Producción y Consumo de la Tilapia.

A nivel mundial los principales productores de tilapia son: China, Egipto, Indonesia, Filipinas, Brasil y Tailandia. En Latinoamérica los países que se destacan en la producción son: Brasil, Honduras y Colombia; y a nivel Centroamericano, Honduras y Costa Rica (Agrocadena de la tilapia de Guatemala, 2016).

Los países en los que se ha registrado el mayor índice de consumo son: Alemania, España, Francia, Italia, Reino Unido, Suecia, China, Japón y República de Corea. Estados Unidos se ha reportado como el mayor consumidor de tilapia del mundo (FAO, 2016; Agrocadena de la tilapia de Guatemala, 2016).

En Guatemala solo se produce el 8% del total producido en la región centroamericana. Para el año 2015, la producción obtenida de tilapia fue de 9500 toneladas y el consumo per cápita registrado fue de 1.29 lb. (Agrocadena de la tilapia de Guatemala, 2016).

3.2 Contaminación bacteriana de la tilapia.

La contaminación bacteriana de la tilapia como pescado fresco, se origina principalmente por la propagación de materia fecal a través de descargas de origen doméstico e industrial en las fuentes de agua. Por lo que el agua, siendo el elemento principal de la cadena de producción de la tilapia, debe ser apta para formar parte del proceso, vigilando continuamente su calidad. El agua forma parte de todas las fases en las que el producto es sometido; incluyendo así, el crecimiento como pez, sacrificio, transporte, comercialización y consumo (Bibi, et al.,2015; FAO, 2012).

Otro factor que influye en la contaminación bacteriana, es la susceptibilidad que posee el pescado al crecimiento de diversos microorganismos, debido a sus características nutricionales. La carga bacteriana en la carne de pescado fresco, varía de acuerdo a ciertos aspectos; la cantidad de bacterias iniciales dependerá de la época del año, la alimentación como pez, el área geográfica y el sistema de captura. Es así que la manipulación posterior tras la captura, determinará la calidad microbiológica de la carne de pescado (Corrales, Alvarado, Castillo & Camacho, 2011).

A lo largo de la cadena de producción de la tilapia, existe el contacto directo entre el pescado y bacterias patógenas, que representan un peligro biológico. El estrés ocasionado por el contacto a estos peligros, genera en el hospedador un desbalance metabólico, que origina una respuesta inmunológica disminuida. Sin embargo, la infección no siempre resulta en desarrollo de enfermedad, y el pescado suele comportarse como portador de bacterias patógenas para el ser humano o, para otros animales (Bibi, et al., 2015; FAO, 2012).

Las bacterias patógenas vinculadas a los productos pesqueros se encuentran en: El entorno acuático, el entorno general, en las personas infectadas o portadores sanos, y otros animales implicados en la producción. Por consecuencia, el pescado fresco resulta contaminado debido a las malas prácticas de manipulación e higiene (FAO, 2009; Romero & Negrete, 2011).

Las bacterias patógenas se dividen en tres grupos:

- Bacterias que pertenecen a la microbiota propia del pescado (*Clostridium botulinum*, *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila*).
- Bacterias entéricas, asociadas a contaminación fecal (*Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*).
- Bacterias asociadas a la contaminación durante proceso, almacenamiento o preparación para el consumo (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp.). (Mahmoud, 2012)

En la mucosidad que recubre la superficie externa del pescado que habitó en agua contaminada, se ha identificado la presencia de *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Serratia* y *Vibrio*. En el tracto digestivo y la epidermis,

independientemente de las bacterias ingeridas a través de la alimentación durante el ciclo de vida del pescado, se ha aislado *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium* y *Vibrio*. Las bacterias que se encuentran en la piel y contenido gastrointestinal no suelen invadir el paquete muscular estéril debido a las defensas naturales que posee el animal, sin embargo, cuando el pez muere, estas bacterias invaden el resto de su cuerpo (Romero & Negrete, 2011; Romero, Negrete & Monroy, 2016).

En el paquete muscular se ha identificado *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter*, *Salmonella paratyphi A* y *B*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella Amsterdam*, *Salmonella Gibe*, *Salmonella Suipestifer*, *Proteus vulgaris*, *Proteus rettgeri*, *Proteus mirabilis*, *Proteus morgani*, *Clostridium botulinum*, *Serratia sp.*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus faecium*, *Staphylococcus agalactiae*, *Staphylococcus pyogenes*, *Staphylococcus epidermidis*, entre otros. La presencia de estas bacterias refleja que el pescado habitó en agua contaminada, y las bacterias predominantes dependen de la temperatura de almacenamiento del producto (Romero & Negrete, 2011).

3.2.1 Presencia de bacterias patógenas en Piel y Agalla de Tilapia.

Las bacterias en el pescado comúnmente se presentan en piel, agallas, tracto intestinal y huevecillos. Las bacterias pueden ingresar por el contacto con la piel y las agallas a los órganos internos, o pueden permanecer solo en la superficie externa del pescado (Sheyin & Solomon, 2017).

La presencia de bacterias patógenas en las agallas depende de las condiciones del entorno acuático de la tilapia, una temperatura cálida suele ser uno de los factores que intervienen en el desarrollo de bacterias y, por lo tanto, de la

presencia de estas en las agallas. Además, suelen ser el primer órgano invadido por bacterias patógenas.

La presencia de bacterias patógenas en la piel se atribuye las condiciones del entorno acuático de la tilapia y también a las condiciones de manejo y procesamiento del producto, como en el transporte, almacenamiento y otras, hasta llegar a la venta (Shinkafi & Ukwaja, 2010).

3.3 *Salmonella* spp.

3.3.1 Clasificación.

Este género de bacterias forma parte de la familia Enterobacteriaceae. Comprende más de 2500 variedades serológicas, sin embargo, algunos serotipos solo se presentan en ciertas regiones del mundo. Los antígenos involucrados en la serotipificación son: somático (O), un polisacárido termoestable; capsular (K), llamado como Ag (Vi) en *Salmonella*, es un antígeno termolábil y brinda capacidad antifagocítica; y antígeno flagelar (H), el cual es proteico (Mahmoud, 2012; Stanchi, 2010).

En Centroamérica se ha reportado la presencia de los siguientes serotipos *S. Abaetetu*, *S. Carrau*, *S. Harmelen*, *S. Houten*, *S. Infantis*, *S. Mbandaka*, *S. Newport*, *S. Oslo*, *S. Poona*, *S. Rubislaw*, *S. Senftenberg*, *S. Typhimurium*, *S. Weltevreden* (Mahmoud, 2012).

Se distinguen tres grupos distintos basados en la epidemiología de las salmonelas:

- Grupo 1. Consiste en aquellas que no tienen afinidad a un solo hospedador, por lo tanto, infectan de igual manera al humano y a los animales.
- Grupo 2: Consiste en las salmonelas que afectan al ser humano. Se transmiten de manera directa o indirecta del individuo enfermo y/o portador sano al nuevo hospedador.
- Grupo 3: Conformado por las salmonelas adaptadas de manera exclusiva, a un hospedador animal (Stanchi, 2010).

Debido a su compleja taxonomía y nomenclatura, la identificación de las cepas ha sufrido cambios con el pasar del tiempo. Actualmente se agrupa según la clasificación de Kauffman-White, en la que se establece las especies *Salmonella enterica* y *Salmonella bongori*; la especie *Salmonella entérica* se clasifica en *S. enterica* subsp. *enterica*, *S. enterica* subsp. *salamae*, *S. enterica* subsp. *arizonae*, *S. enterica* subsp. *subarizonae*, *S. enterica* subsp. *houtenae* y *S. enterica* subsp. *indica* (Robledo, 2015).

Cuadro 1. Especies de *Salmonella* según la clasificación de Kauffman-White.

Especie y Sub especie de <i>Salmonella</i>	No. Serotipos dentro de la especie	Hábitat usual
<i>S. enterica</i> subsp. <i>enterica</i>	1531	Animales de sangre caliente
<i>S. enterica</i> subsp. <i>salamae</i>	505	Animales de sangre fría y ambiente
<i>S. enterica</i> subsp. <i>arizonae</i>	99	Animales de sangre fría y ambiente
<i>S. enterica</i> subsp. <i>subarizonae</i>	336	Animales de sangre fría y ambiente
<i>S. enterica</i> subsp. <i>houtenae</i>	73	Animales de sangre fría y ambiente
<i>S. enterica</i> subsp. <i>indica</i>	13	Animales de sangre fría y ambiente
<i>S. bongori</i>	22	Animales de sangre fría y ambiente
Total	2579	

Fuente: (Robledo, 2015).

Cuadro 2. Serotipos más comunes causantes de enfermedad.

Salmonella enterica subsp. enterica				
Salmonelosis Tifoidea (Adaptada a humanos)	Salmonelosis No Tifoidea (Ocasional o no adaptada a humanos)			
Fiebre entérica	Gastroenteritis		Extra-intestinal (invasiva)	
	Limitada (no invasiva)	Bacteremia (Invasiva)	Infección Focal	Bacteremia
S. Typhi S. Paratyphi A	S. Typhimurium	S. Typhimurium	S. Choleraesuis	S. Heidelberg
Humanos/Animal	S. Enteriditis	S. Enteriditis	S. Typhisuis	S. Dublin
S. Paratyphi B S. Paratyphi C		S. Heidelberg	S. Typhimurium	S. Virchow
		S. Dublin	S. Enteriditis	S. Enteriditis
		S. Virchow	S. Dublin	S. Choleraesuis
				S. Typhisuis
				S. Typhimurium

Fuente: (Betancor & Yim, 2012).

3.3.2 Características morfológicas.

Morfológicamente se trata de bastones gramnegativos, no formadores de esporas, cuyas dimensiones son 0.7 µm a 1.5 µm de ancho y 2.0 µm a 5 µm de largo. Poseen movilidad por flagelos que se distribuyen en forma peritrica, sin embargo, dos especies son inmóviles (*S. gallinarum* y *S. pullorum*) (Stanchi, 2010).

3.3.3 Características bioquímicas.

Son microorganismos anaerobios facultativos. Al pertenecer a la familia de las enterobacterias, es común que la prueba de Catalasa sea positiva y que la prueba de Oxidasa sea negativa. Es una bacteria que resulta positivo a la prueba de rojo de metilo, citrato, fermentación de glucosa, arginina dihidrolasa y descarboxilación de lisina y ornitina. Los resultados son negativos para las pruebas de indol, Voges Proskauer y ureasa (Stanchi, 2010).

3.3.4 Hábitat.

Comúnmente, se aíslan del tracto gastrointestinal de animales vertebrados e invertebrados y el medio ambiente, que ha sido contaminado por excretas de individuos portadores. Ambientes acuáticos son el mayor reservorio para la *Salmonella* spp. y su supervivencia y multiplicación en agua y alimentos, se atribuye a la capacidad de generar una respuesta derivada de cambios genéticos y una rápida adaptación celular a situaciones de estrés (Kumar, Datta & Lalitha, 2015; Mahmoud, 2012).

Para su desarrollo en el medio ambiente se debe considerar ciertas condiciones, como lo son; el nivel de pH mínimo (3.7), el nivel de pH máximo (9.5), el nivel de sal en el agua (5%), la temperatura mínima (5°C) y la temperatura máxima (47°C) (Mahmoud, 2012).

3.3.5 Mecanismos de patogenicidad.

La principal vía de transmisión es la vía oral, siendo resistente a pH del estómago, sales biliares y peristaltismo. Para el desarrollo de la enfermedad

sintomática se necesita aproximadamente 10^6 - 10^8 bacterias, ligado a esto están; el tipo de cepa, el tipo de alimento y el estado fisiológico del huésped. La infección sistémica depende de la capacidad de sobrevivencia dentro de las vacuolas fagocíticas de los macrófagos y la resistencia a la acción de enzimas lisosomales. Existe el riesgo de contagio por medio de la vía aerógena, afectando branquias y pulmones (Herrera & Jabib, 2015; Robledo, 2015).

Cuadro 3. Mecanismos de patogenicidad de *Salmonella* spp.

Mecanismos de Adherencia	Mecanismos de Invasión
Permite la sobrevivencia del microorganismo. Es la habilidad de la bacteria patógena para adherirse a las células del huésped, por medio de factores llamados adhesinas; estos desencadenan la activación de linfocitos B, neutrófilos y secreción de citosinas.	Inicia su ciclo infectivo en el tejido linfoide, se dirige hacia células que no fagocitan. Se adhiere a células M y a células epiteliales, que permiten la multiplicación, persistencia de la bacteria y reciben señales, alterando su estructura. <i>Salmonella</i> tiene la capacidad de invadir múltiples líneas celulares.
Enteritis y Diarrea	Islas de Patogenicidad
Producción de enterotoxina, endotoxina (LPS) y citotoxina, siendo la causa de diarrea y septicemia. Durante el proceso de infección se libera citosinas proinflamatorias que participan en el síndrome diarreico.	Agrupaciones de genes que codifican factores de virulencia durante el proceso infectivo. Intervienen en la conversión de microorganismos de comensales a patógenos.
Supervivencia Intracelular	Sistema de Secreción tipo III
Capacidad de reproducción dentro de células fagocíticas y no fagocíticas.	La proteína a secretar requiere de una señal específica para su secreción.

Fuente: (Herrera & Jabib, 2015; Robledo, 2015).

3.3.6 Diagnóstico en Laboratorio.

Método ISO 6579:2002. La norma internacional es un método horizontal para la detección de *Salmonella* en productos para consumo humano, consumo animal y muestras del medio relacionado a la manufactura de alimentos. El procedimiento incluye un medio de pre-enriquecimiento no selectivo, medio de enriquecimiento selectivo, medio de cultivo sólido selectivo, el uso de otro medio sólido complementario elegido por el laboratorio a realizar el estudio (agar RAMBACH), y la confirmación de la presencia de la bacteria por medio de pruebas bioquímicas. Las características de las colonias de *Salmonella* en agar RAMBACH las colonias son rojo brillante (ISO, 2002; Stanchi, 2010).

Algunas modificaciones se han realizado del Método ISO 6579:2002. El laboratorio de la agencia de Seguridad e Inspección de los Alimentos (Food Safety and Inspection Service, FSIS), del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (United States Department of Agriculture, USDA), establece la utilización del medio de cultivo sólido selectivo XLT₄ para el aislamiento e identificación de *Salmonella* en productos de origen animal. Las colonias positivas a la presencia de esta bacteria tendrán un característico color negro debido a la producción de H₂S, otras colonias serán rojas con centro negro y las que no producen H₂S serán de color rojo (Laboratory Quality Assurance Staff, 2017).

3.4 Salmonelosis.

La salmonelosis es la infección causada por especies de la bacteria *Salmonella* spp.; clínicamente, septicemia, enteritis aguda y enteritis crónica, son los síndromes que caracterizan a la enfermedad. Es de distribución mundial y se ha observado en todos los animales (Kahn, 2007).

3.4.1 Salmonelosis en humanos.

Salmonella es transmitida a través de la cadena alimentaria, ya que los animales productores de alimento suelen ser reservorios del agente etiológico. Es una enfermedad endémica, afecta a países subdesarrollados que se caracterizan por malas condiciones higiénicas, representando un problema de salud pública. La mayoría de serotipos de *Salmonella entérica* se relacionan a la enfermedad en el hombre, sin embargo, más del 70% de las afecciones es provocado por 12 serovariedades prevalentes (Betancor & Yim, 2012; Calabuig, 2014; Cordón, 2015).

Los brotes se relacionan directamente al consumo de huevos, carne, leche sin pasteurizar, pescado y verduras frescas. Puede ser mortal en casos de individuos con niveles altos de estrés, inmunológicamente comprometidos, ancianos o niños (Calabuig, 2014; Wandili, Kakai, Waindi & Onyango, 2009).

3.4.2 Manifestaciones clínicas.

Enfermedad no sistémica o gastroenteritis. Esta infección es causada por la ingestión de gran cantidad de bacilos que invaden solamente el epitelio del intestino, no se diseminan al resto del organismo. El periodo de incubación de esta afección es de 12-72 horas. Se caracteriza por la aparición aguda de fiebre ligera, que desaparece en 2-3 días, náusea, vómito, dolor abdominal y diarrea, durante una semana. Entre las complicaciones, incluye la aparición de una deshidratación severa y secuelas crónicas, como síntomas de artritis después de 3-4 semanas del apareamiento de los síntomas agudos.

Enfermedad sistémica o fiebre entérica. Incluye a la fiebre tifoidea y fiebre paratifoidea, la proporción de casos es de 10:1, respectivamente. La bacteria se multiplica en la submucosa del intestino, llega al torrente sanguíneo para alcanzar

el bazo e hígado, donde sucede una segunda multiplicación y se libera mayor cantidad de bacterias. El periodo de incubación es de 3 a 56 días. Los síntomas son fiebre, dolor de cabeza, sensibilidad abdominal, constipación, manchas de color rojo en la piel, infección del flujo biliar, hemorragias provocadas por úlceras y perforación del intestino que causa peritonitis; la fiebre paratifoidea presenta un curso de la enfermedad menos mortal que la fiebre tifoidea (ANMAT, 2011; Robledo, 2015).

3.4.3 Epidemiología.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha reportado que anualmente, se presentan 22 millones de nuevos casos de fiebre tifoidea y una mortalidad de 200,000 personas alrededor el mundo. En la Unión Europea, se confirmaron 112,524 casos de salmonelosis en el año 2010 (Calabuig, 2014; Cordón, 2015).

En Guatemala existen pocos datos sobre esta afección; esto se debe a la falta de recursos para obtener el diagnóstico certero. De manera general, sin detectar el agente causal, el Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA), para el año 2016, reportó entre las causas de morbilidad nacional, 402,965 casos de diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, y 129,877 casos de infecciones intestinales bacterianas. Entre las causas de mortalidad, del mismo año, se registraron 1,293 casos de diarrea y gastroenteritis de origen infeccioso. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), estimó una tasa de incidencia de fiebre tifoidea con un valor de 0.03% para el año 2010, 0.19% en el año 2011 y en el año 2012 de 0.59%. El departamento de epidemiología de la misma institución reportó para la semana 26 del año 2017, 1 brote (9 casos) de fiebre tifoidea (Cordón, 2015; MSPAS, 2017; Sistema de Información Gerencial de Salud, 2017).

3.5 Presencia de *Salmonella* en Pescado.

El pescado y los mariscos representan uno de los alimentos responsables de brotes de ETAS. La presencia de *Salmonella* en el pescado se da como resultado de la interacción de un ambiente contaminado, la virulencia de la bacteria y la susceptibilidad que depende de la genética del huésped. Se clasifican como portadores de *Salmonella*, ya que, sin padecer signos patológicos, habita en los intestinos y posteriormente se liberan más bacterias. Esto sucede por un periodo de tiempo corto; en otros casos, el pescado es infectado activamente por el agente bacteriano (Bibi, et al., 2015; Liu, Mou & Su, 2016; Mahmoud, 2012; Wandili, et al., 2009).

Actualmente se ha registrado un crecimiento en la incidencia de casos, a pesar que el pescado no es el hospedero definitivo, este provee nutrientes vitales, pH adecuado, nivel de salinidad, temperatura ideal y humedad que es el soporte necesario para el crecimiento de *Salmonella*. La capacidad de adaptabilidad genética a situaciones de estrés, le permite a la bacteria ser capaz de sobrevivir en productos acuícolas congelados (Kumar, et al., 2015).

El deterioro de la calidad de las fuentes de agua, ha sido el desencadenante más influyente en el aumento de casos de la presencia de *Salmonella* en pescado. Otras fuentes de contaminación son: Aumento de materia orgánica en estanques de acuicultura, fertilización de estanques con abono de origen animal, desechos de otros animales (aves, roedores, reptiles), alimento contaminado, medidas higiénicas de baja calidad y almacenamiento en contenedores contaminados (Bakr, Hazzah & Abaza, 2011; Mahmoud, 2012; Traoré, et al., 2015).

La incidencia de *Salmonella* en pescados y mariscos en Estados Unidos es de 1.3% en producto nacional y 7.2% en producto importado; en alimentos destinados a su consumo crudo, 0.47% en producto nacional y 2.6% en producto

importado. En las áreas turísticas pesqueras de Yucatán, México, se llevó a cabo un estudio en el cual se aisló *S. Typhi*, *S. Tiphimurium*, *S. Paratyphi*, *S. Enteritidis* y *S. Scochtmuelleri*, de pescado procesado y no procesado (Liu, et al., 2016; Romero, et al., 2016).

3.5.1 Estudios sobre la Presencia de *Salmonella* en Tilapia.

Mundialmente se han realizado diversos estudios sobre la presencia de esta bacteria patógena en tilapia para consumo humano. En los siguientes enunciados se describirá brevemente algunos de los estudios realizados.

- “Evaluación de la calidad bacteriológica de la tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) proveniente de la zona norte de Costa Rica”. Para llevar a cabo este trabajo en Costa Rica, se recolectaron 50 muestras de las zonas de San Carlos y Cañas, de las cuales se registró un nivel elevado de coliformes y se reportó la presencia de una cepa de *Salmonella*. Confirmando de esta manera la contaminación fecal de las aguas de crianza de la tilapia (Morales, Blanco, Arias, & Chaves, 2004).
- “Perfil nutricional, propiedades sensoriales y calidad microbiológica de tilapia secada al sol (*Oreochromis niloticus*)”. En el análisis microbiológico realizado en este estudio se encontró positiva la presencia de *Salmonella* en tilapia fresca, tilapia secada al sol y tilapia salada. La tilapia fresca obtuvo el mayor índice de presencia de *Salmonella* y los autores lo atribuyen a que la tilapia fresca tiene mayor porcentaje de humedad en sus tejidos, que es una de las condiciones que favorecen la proliferación de bacterias, en comparación a la tilapia secada al sol y la tilapia salada (Kwenin, Seidu, & Boadi-Amoah, 2013).

- “Fauna endomicrobiana de Tilapia spp. (*Oreochromis niloticus*) encontrada en un canal ubicado en Jardín Edén y Parque Utako, Abuja, Nigeria”. Un total de 18 géneros de bacterias fueron aisladas de piel, agalla y vísceras de tilapias; 11 géneros de bacterias Gram positivas, y 7 géneros Gram negativas, entre estos *Salmonella* spp. estuvo presente en un 1.82% de las muestras. Por lo que se deben tener medidas sanitarias adecuadas para el manejo del pescado desde la producción hasta el consumo (Sheyin & Solomon, 2017).
- “*Salmonella* spp. en la cadena de producción del pescado: Una revisión”. Los autores reportan la prevalencia de *Salmonella* en tilapia en el año 2007 de 3.4%. Entre las conclusiones se destaca que la calidad del agua, las condiciones de manejo y el medio ambiente influyen directamente en la cantidad de bacterias patógenas del pescado, por lo que la prevalencia de *Salmonella* en pescado fresco varía entre 3.4% y 64%; las serovares *S. Typhimurium* y *S. Enteritidis* se relacionan a la mayoría de casos de salmonelosis por consumo de pescado; y por último destaca la resistencia antibiótica de cadenas de *Salmonella* que han sido aisladas de tilapia (Semedo, et al., 2018).
- “Alimentos, pescado y salmonelosis”. En este estudio realizado en México, publicado en el 2018, menciona que *S. Typhimurium*, *S. Typhi* y *S. Enteritidis* se aislaron de tilapias cultivadas en el Lago Victoria ubicado en Kenia Occidental, atribuyendo la presencia a la contaminación de origen animal y humana. También hace mención que del año 2010 al 2012 se llevó a cabo una investigación en Nigeria, donde se recolecta tilapia fresca proveniente de tres mercados y tras la realización de pruebas microbiológicas, se confirma la presencia de *Salmonella* en piel, agallas y vísceras. Para concluir, este estudio denota que la contaminación bacteriana puede ocurrir en cualquier parte de la cadena de producción de la tilapia, y que muchas veces

estas bacterias patógenas suelen resistir el efecto de distintos antibióticos comúnmente utilizados en el campo de la medicina veterinaria y humana (Cortés & Espinosa, 2018).

3.6 Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos.

Norma COGUANOR (NGO 34125 h12) Carne y productos cárnicos. Análisis microbiológico. Detección de *Salmonella*. Establece que el producto apto para consumo humano, debe ser negativo a la presencia de *Salmonella* spp. (Mendoza, 2014).

Reglamento Técnico Centroamericano. Indica que en 25 gr. de pescado y producto marino fresco, la presencia de *Salmonella* spp. se clasifica como:

- Alimento de categoría 10, microorganismos considerados como peligrosos.
- Alimento que representa el tipo de riesgo A, son aquellos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población que consume el producto, representa una alta probabilidad de causar daño.

No existe límite máximo o mínimo permitido, lo ideal es la ausencia del microorganismo en el alimento (MSPAS, 2009).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales.

4.1.1 Recurso Humano.

- Estudiante
- Profesionales Asesores

4.1.2 Recursos de Campo.

- Bolsas estériles de plástico (polietileno)
- Marcadores
- Lapicero
- Libreta
- Vehículo
- Cámara fotográfica
- Hielera
- Hielo

4.1.3 Recursos Biológicos.

- 20 tilapias frescas (*O. niloticus*)

4.1.4 Recursos de Laboratorio.

- Bata
 - Guantes estériles
 - Algodón
 - Alcohol
 - Hisopos estériles
 - Incubadora a 37°C
 - Mechero de Bunsen
 - Asas bacteriológicas
 - Incinerador de asas bacteriológicas
 - Gradillas
 - Campana de flujo laminar
-
- Medios de Cultivo
-
- Caldo Tetrionato
 - Agar XLT₄
 - Agar Rambach
-
- Medios para Pruebas Bioquímicas
-
- SIM
 - TSI
 - Urea
 - CBRF + Lactosa

- CBRF + Sorbitol
- MRVP

- Reactivos utilizados

- Reactivo de Kovacs
- Rojo de metilo
- Alfa naftol
- Hidróxido de potasio

4.2 Metodología.

4.2.1 Naturaleza del estudio.

La naturaleza del presente estudio es descriptivo transversal.

4.2.2 Área de estudio.

El estudio se realizó en el área de pescaderías del mercado “La Terminal” en la zona 4 de la ciudad de Guatemala (Latitud: 14°38’26” N, Longitud: 90°30’47” O, Altitud sobre el nivel del mar: 1508m, temperatura promedio: 13-27°C.).

4.2.3 Manejo del estudio.

Se realizó un muestreo por conveniencia. Se analizaron 20 especímenes en total, para ello fueron elegidos 20 expendios del área de pescadería del mercado “La Terminal” ubicado en la zona 4 de la ciudad de Guatemala. La elección de los expendios de pescadería fue según de los criterios de inclusión y exclusión presentados en el siguiente inciso.

4.2.4 Criterio de Inclusión y Criterio de Exclusión.

Para la selección de los 20 expendios del área de pescadería que fueron muestreados, se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- Criterio de Inclusión. Fueron incluidos los expendios que solamente ofrecían tilapia fresca (*O.niloticus*), no mezclada con otros productos. Para establecer que la muestra estaba fresca y que era apta para el estudio, se realizó la ficha de evaluación (Anexo 3), la cual presenta criterios específicos que permitieron establecer la frescura de la muestra (Anexo 1).
- Criterio de Exclusión. Los expendios excluidos fueron aquellos que ofrecían tilapia ya congelada y/o mezclada con otros productos, tales como, camarones, pulpo, cangrejos, mejillones, filete de pescado, conchas, langostas, pescado de otra especie, y tiburón.

4.2.5 Toma de muestras.

Se programaron dos fechas para la recolección y procesamiento de muestras; por lo que en la primera semana se trabajó con 10 muestras y en la segunda de igual manera, 10 muestras.

La recolección de muestras inició a las 6:30 de la mañana. La unidad de estudio fue en este caso cada pescado y se obtuvo un pescado por expendio. Cada muestra (una tilapia), fue colocada dentro de una bolsa de polietileno, y fue debidamente identificada con los datos del expendio de donde se obtuvo. Todas las muestras fueron colocadas en una hielera y transportadas al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en el edificio M-7 de la ciudad universitaria.

4.2.6 Procedimiento de Laboratorio.

En el laboratorio se realizaron dos hisopados de cada muestra, uno de piel y otro de agalla. La prueba que se realizó para cada hisopado fue según el método ISO 6579:2002 con modificaciones (ver anexo no.2, Diagrama de Procedimiento del método ISO 6579:2002 con modificaciones), que se describe a continuación.

- Fue colocado cada hisopado en 10 ml Caldo Tetracionato. La incubación fue a 37° C por 18 hrs.
- Se realizó la siembra en agar XLT₄; la incubación fue a 37° C por 24 hrs.
- Se realizó la siembra en agar Rambach; la incubación fue a 37° C por 24 hrs.
- Se observó el crecimiento de colonias con características típicas de *Salmonella* spp.
- Se confirmó la presencia de *Salmonella* spp. por medio de pruebas bioquímicas. Se utilizaron los medios SIM, TSI, Urea, CBRF+ Lactosa, CBRF+ Sorbitol y MRVP que fueron incubados a 37° por 24 hrs.

4.2.7 Tabulación y análisis de resultados.

Los datos obtenidos de cada muestra de tejido fueron tabulados en una hoja de Excel, en la cual se realizó estadística descriptiva.

4.2.8 Descripción de las variables.

La variable independiente fue el expendio y la variable dependiente fue la presencia de *Salmonella spp.* en dos tejidos; piel y agalla.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se llevó a cabo el análisis de 20 tilapias frescas (*O. niloticus*), recolectadas de 20 expendios de pescadería del Mercado “La Terminal” en la zona 4 de la ciudad de Guatemala, de las cuales se realizó un hisopado de agalla y un hisopado de piel de cada una. Luego de procesar cada muestra por medio del Método ISO 6579:2002 con modificaciones, se determina la presencia positiva de *Salmonella* spp. en 5 tilapias, lo que equivale a un 25% del total de individuos analizados (Ver Tabla no. 4 y Gráfico no. 1).

De las 5 tilapias reportadas como positivas a la presencia de *Salmonella* spp., 1 fue positiva a la presencia de *Salmonella* spp. en agallas y piel, mientras que 2 tilapias revelaron la presencia únicamente en agallas y otras 2 solamente en piel (Ver tabla no. 5).

Cuadro 4. Total de muestras positivas y negativas a la presencia de *Salmonella* spp. en tilapia fresca (*O. niloticus*)

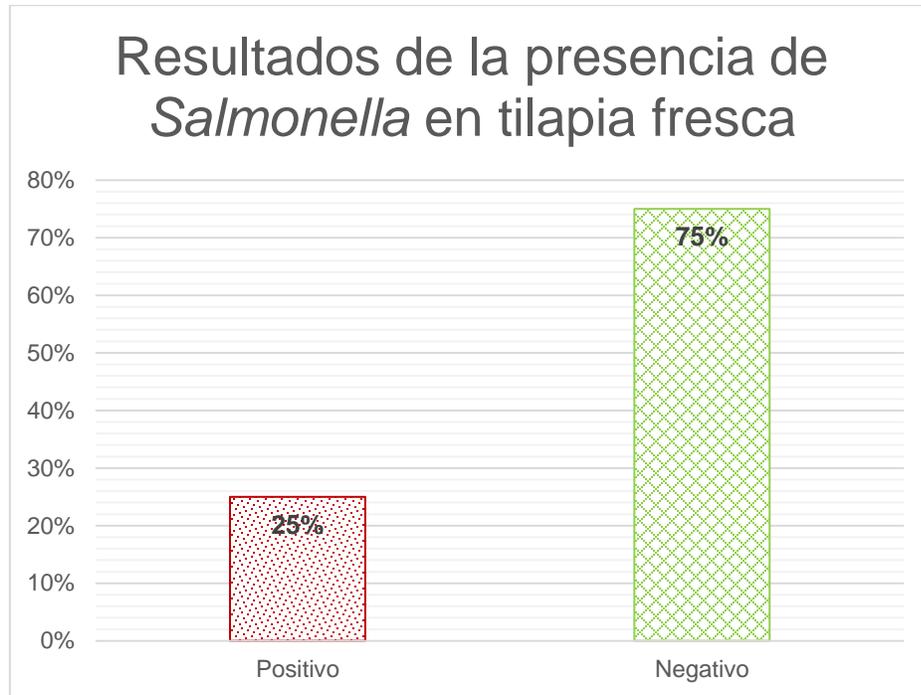
Presencia de <i>Salmonella</i> spp. en tilapia fresca (<i>O. niloticus</i>)	No. de muestras	%
Muestras Positivas	5	25%
Muestras Negativas	15	75%
Total	20	100%

Cuadro 5. Resultados obtenidos de la presencia de *Salmonella* spp. en agalla y piel de tilapia fresca (*O. niloticus*)

No. Muestra	Presencia de <i>Salmonella</i> spp.	
	Agalla (A)	Piel (B)
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	-	-
6	-	-
7	-	-
8	-	-
9	-	-
10	+	-
11	-	-
12	-	+
13	-	-
14	-	-
15	-	-
16	-	+
17	+	-
18	+	+
19	-	-
20	-	-
Total	3	3

(+) Positivo; (-) Negativo

Figura 1. Total de muestras positivas y negativas a la presencia de *Salmonella* spp. en tilapia fresca (*O. niloticus*)



Para determinar la presencia de *Salmonella* spp. según el Método ISO 6579:2002 (Ver Anexo 5), seleccionaron las muestras de las cuales se observó crecimiento de colonias color negro caracterizadas como sospechosas en el medio XLT₄, y colonias color rojo brillante que crecieron en el medio de cultivo Rambach (Ver Anexo 6); de estas muestras se procedió a realizar las pruebas bioquímicas SIM, TSI, Urea, CBRF+ Lactosa, CBRF+ Sorbitol y MRVP con las que se consiguió confirmar la presencia de *Salmonella* spp. (Ver Anexo 7).

La presencia de *Salmonella* spp. en el 25% de tilapias frescas (*O. niloticus*) recolectadas en el mercado la “La Terminal” para llevar a cabo este estudio, revela que existe contaminación de origen fecal que, como lo indica Morales et al. (2004) proviene principalmente de fuentes de agua contaminada, siendo el agua el elemento sustancial que interviene durante la crianza de la tilapia hasta su comercialización. *Salmonella* spp. está presente en el medio ambiente por medio de excretas de individuos portadores que contaminan el agua, que resulta ser el reservorio más abundante de esta bacteria.

Otras fuentes de contaminación de la tilapia fresca por *Salmonella* spp. son el contacto con superficies contaminadas, malas prácticas de manejo, tanto en la granja, en el transporte y en el expendio de pescadería; y contacto con individuos portadores, ya sea animales o humanos. De la misma manera, el contacto con otros productos distribuidos en las pescaderías, como camarones, tiburón, cangrejos, pulpo, mejillones, filete de pescado, conchas, langostas y pescado de otra especie también se consideran fuente de contaminación. Por lo tanto, se tomó en cuenta los expendios que distribuían solamente tilapia fresca ya que no se pretendía analizar a los demás productos, así como evitar la contaminación con los mismos. La tilapia congelada no formó parte del estudio ya que el congelamiento es capaz de alterar los tejidos de la tilapia, perdiendo su frescura.

El crecimiento de la bacteria patógena *Salmonella* spp. se ve favorecido por las características nutricionales esenciales, temperatura, así como la humedad que posee la tilapia fresca, que de acuerdo a Kwenin et al. (2013) un porcentaje elevado de humedad genera el incremento de microorganismos patógenos en cualquiera de sus tejidos. *Salmonella* spp. se beneficia de los tejidos de la tilapia fresca, ya que al poseer un porcentaje de humedad de 77.92%, un 20.06% de proteína y una temperatura alrededor de 13-27° C. enriquecen su desarrollo.

Salmonella spp. estuvo presente en agallas, así como en piel de tilapia fresca, lo que sugiere que la contaminación pudo haber ocurrido desde las fases de siembra de alevines, precría, levante, engorde, sacrificio, transporte, así como durante el manejo de la tilapia fresca en el expendio de pescadería. Al ser manipuladas para su comercialización suelen surgir otras fuentes de contaminación tales como, mala higiene del personal a cargo, que incluye un lavado de manos inadecuado, utilizar ropa contaminada y/o no bañarse; contacto con utensilios como cuchillos, tablas, recipientes, balanza y otras superficies contaminadas; y, contacto con posibles portadores asintomáticos. Así que, al comparar la presencia de *Salmonella* en agallas y piel, se pretendía relacionar que la contaminación ocurrió durante la fase de comercialización de la tilapia fresca en el expendio de pescadería, sin embargo, no se logró determinar por la reducida cantidad de muestras positivas que se obtuvieron.

Según Shinkafi & Ukwaja (2010), la presencia de bacterias patógenas como *Salmonella* en agallas ocurre principalmente en las fases tempranas de la producción, como el contacto con agua contaminada o descargas fecales provenientes de animales portadores en estanques de producción; y la presencia de bacterias patógenas en piel está relacionado a las malas prácticas de salubridad tanto al inicio de la producción como en las fases de sacrificio, transporte, comercialización y consumo del producto.

El “Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros” publicado por la FAO en el año 2012, indica que para reducir al mínimo la contaminación de la tilapia fresca, se recomienda que todas las superficies que sean zonas para manipular el pescado se encuentren en buen estado, para no permitir el acumulo de sustancias como sangre, escamas o vísceras; se debe impedir la entrada de otros animales ajenos a la producción de la tilapia; instalaciones de lavabos y retretes deben estar lejos de las áreas de manipulación del producto; disponer de medios necesarios para el lavado y desinfectado el equipo de trabajo; reducir al

mínimo el acumulo de desechos, sean líquidos o sólidos; vigilar la higiene personal de las personas que trabajan con el producto; vigilar continuamente la calidad del agua utilizada, ya que debe ser apta para manipular productos para consumo humano; entre otros.

Además de poseer la capacidad nutritiva para albergar miles de bacterias en sus tejidos, la tilapia beneficia el ser humano con elementos nutricionales básicos para mejorar su desarrollo y metabolismo. Sin embargo, según la Norma COGUANOR (NGO 34125 h12) establece que la tilapia que está contaminada con *Salmonella* spp. se clasifica como un alimento de alto riesgo y no es apta para su consumo, de igual manera, el “Reglamento Técnico Centroamericano” indica que si en 25 gr. de pescado fresco existe presencia de *Salmonella* es un alimento peligroso y que representa una alta probabilidad de causar alteraciones graves a los seres humanos; principalmente porque el padecimiento de sus manifestaciones clínicas, gastroenteritis o fiebre tifoidea, constituyen un riesgo mortal para individuos inmunocomprometidos, ancianos o niños.

VI. CONCLUSIONES

- La presencia de *Salmonella* spp. en tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) fue positiva en un 25% de las muestras recolectadas del mercado “La Terminal”.
- Por medio del método ISO 6579:2002, se determinó que *Salmonella* spp. estuvo presente en tres muestras de piel, y en tres muestras de agalla de tilapia fresca (*O. niloticus*) recolectada del mercado “La Terminal”.
- Debido a la reducida cantidad de muestras positivas no fue posible comparar si existe diferencia de la presencia de *Salmonella* spp. en agallas y piel.

VII. RECOMENDACIONES

- Los profesionales médicos veterinarios que velen por la inocuidad de los alimentos, así como estudiantes de medicina veterinaria que deseen aportar al estudio sobre la presencia de *Salmonella* en tilapia fresca, se sugiere que para futuras investigaciones se considere un mayor número de muestras, que se realice un muestreo sobre las distintas superficies en las que entra en contacto la tilapia, que involucre más expendios, y que se lleve a cabo un análisis de la presencia de *Salmonella* a nivel de granjas de producción de tilapia, tomando en cuenta todas las fases de producción.
- Se recomienda que en las nuevas investigaciones que se planifiquen realizar para aportar al estudio sobre la presencia de *Salmonella* en tilapia en Guatemala, se incluyan diversos puntos afuera de la ciudad, tales como mercados municipales departamentales y puertos del país, tomando en cuenta el origen de los productos analizados y las condiciones en que estos son manipulados.

VIII. RESUMEN

La salmonelosis es una de las enfermedades de transmisión alimentaria, común en nuestro medio y a nivel mundial. El agente etiológico es la bacteria Gram negativa *Salmonella* spp., que luego de su eliminación a través de heces fecales del individuo portador, sobrevive en el medio ambiente, y suele estar presente en los productos alimenticios de origen animal para consumo humano como la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La tilapia brinda beneficios nutricionales para los seres humanos, sin embargo, representa un riesgo a la población y se ha clasificado como portador de *Salmonella* spp., siendo capaz de ocasionar cuadros patológicos graves en niños, ancianos e individuos inmunosuprimidos.

En este estudio se determinó la presencia positiva de *Salmonella* spp. en tilapia fresca expandida en el mercado “La Terminal” ubicado en la zona 4 de la ciudad de Guatemala, por medio de un estudio descriptivo transversal.

Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia, del que se recolectó un total de 20 tilapias a las 6:30 am. En el laboratorio de microbiología se realizó un hisopado de piel y otro de agalla por cada muestra, y según el método ISO 6579:2002 con modificaciones, se determinó que el 25% de las muestras fue positivo a la presencia de *Salmonella* spp., revelando que existe contaminación de origen fecal. Al comparar la presencia de *Salmonella* en agallas y piel, se pretendía relacionar que la contaminación ocurrió durante la fase de comercialización de la tilapia fresca en el expendio, pero no se determinó, al obtener una reducida cantidad de muestras positivas.

SUMMARY

Salmonellosis is one of the diseases of food transmission, common in our environment and worldwide. The etiological agent is the Gram-negative bacterium *Salmonella* spp., which after its elimination through faeces of the carrier, survives in the environment, and is usually present in food products of animal origin for human consumption such as tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Tilapia provides nutritional benefits for humans, however, it represents a risk to the population since it has been classified as a carrier of *Salmonella* spp., Capable of causing serious pathological conditions in children, the elderly and immunosuppressed individuals.

In this study, the positive presence of *Salmonella* spp. in fresh tilapia sold in the "La Terminal" market located in zone 4 of Guatemala City, through a transversal descriptive study.

A convenience sampling was carried out, from which a total of 20 tilapias were collected at 6:30 a.m. In the microbiology laboratory, a skin swab and a gall swab were performed for each sample, and according to the ISO 6579: 2002 method with modifications, it was determined that 25% of the samples were positive for the presence of *Salmonella* spp., Revealing that there is contamination of fecal origin. When comparing the presence of *Salmonella* in galls and skin, it was intended to relate that the contamination occurred during the commercialization phase of fresh tilapia in the sale, but it was not determined by obtaining a small number of positive samples.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANMAT (2011). *Análisis microbiológico de los alimentos*. Argentina: Anmat. Recuperado de http://www.anmat.gov.ar/renaloea/docs/Analisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_I.pdf
- Agrocadena de la tilapia de Guatemala (2016). *Análisis y plan estratégico de la agrocadena de la tilapia 2017-2020*. Recuperado de <http://agrocadenadelatilapia.com.gt/images/documentos/analisis-y-plan-de-trabajo-estrategico.pdf>
- Bakr, W., Hazzah, W., & Abaza, A. (2011). Detection of Salmonella and Vibrio species in some seafood in Alexandria. *Journal of American Science*, 7(9), 663-668.
- BD. (2015). *BBL Phenol Red Broth Base, 8 mL*. Estados Unidos: BD. Recuperado de <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=22307>
- Betancor, L., & Yim, L. (2012). *Salmonella y Salmonelosis*. Uruguay: Departamento de Biología y Virología, UdelaR. Recuperado de http://higiene1.higiene.edu.uy/DByV/Salmonella_y_salmonelosis.pdf
- Bibi, F., Qaisrani, S., Ahmad, A., Akhtar, M., Kahn, B., & Ali, Z. (2015). Occurrence of Salmonella in Freshwater Fishes: A Review. *The Journal of Animal & Plants Sciences*, 25(3), 303-310.
- Britania. (2015). *MR-VP Medio*. Argentina: Laboratorios Britania S.A.. Recuperado de <https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl5a284327af905.pdf>
- Britania. (2015). *Tetrationato Caldo Base*. Argentina: Laboratorios Britania S.A.. Recuperado de https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a297856d3381.pdf

- Calabuig Jiménez, L. (2014). *Estudio de la sensibilidad antimicrobiana de cepas de Salmonella spp. y Listeria monocytogenes aisladas de lácteos, ovoproductos y pescado* (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Contreras Angulo, G., Matamoros Córtes, L. A., & Venegas Porras, R. (2012). *Guía de criterios organolépticos y presencia de parásitos en productos de pesca y acuicultura*. Costa Rica: SENASA. Recuperado de http://www.senasa.go.cr/senasa/sitio/files/13061_3033757.pdf
- Cordón Caballeros, J. (2015). *Susceptibilidad antibiótica en Salmonella typhi en el quinquenio 2010-2014* (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Corrales Ramírez, L. C., Alvarado Ospina, M. A., Castillo Fonseca, L. A., & Camacho Beltrán, Y. C. (2011). Estudio Bacteriológico de la Calidad de Pescado Fresco, Bagre (*Pseudoplatystoma sp.*) y Mojarra Roja (*Oreochromis sp.*) Comercializado en el Municipio de El Colegio, Cundinamarca (Colombia). *NOVA: Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 9(15) 149-157. Recuperado de http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA16_ARTORIG4_PESCADO.pdf
- Cortés Sánchez, A. D., & Espinosa Chaurand, L. D. (2018). Foods, fish and salmonellosis. *African Journal of Microbiology Research*, 12(23), 525-535.
- FAO. (s.f.). *Programa de información de especies acuáticas*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de http://www.fao.org/figis/pdf/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es?title=FAO%20Fisheries%20%26%20Aquaculture%20%20Programa%20de%20informaci%F3n%20de%20especies%20acu%20E1ticas%20-%20Oreochromis%20niloticus%20%28Linnaeus%201758%29.
- FAO. (2009). *Directrices para la inspección del pescado basada en los riesgos*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i0468s.pdf>

- FAO. (2012). *Código de prácticas para el pescado y productos pesqueros*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Practice_code_fish/CCFFP_2012_ES.pdf
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5798s.pdf>
- González-Cuello, R. E., Paternina, L., & Carrillo, A. (2016). Biopelículas Terciarias: Fuerza de Ruptura y Efecto sobre la Vida Útil de Cortes de Tilapia Negra (*Oreochromis niloticus*). *Información Tecnológica*, 27(1), 33-40. doi: 10.4067/S0718-07642016000100005
- Herrera B., Y., & Jabib R., L. (2015). Salmonelosis, zoonosis de las aves y una patogenia muy particular. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1), 1-19. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63638739002>
- ISO. (2002). *Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the detection of Salmonella spp.* Suiza: ISO. Recuperado de <https://www.salmonella360.com/cms3/assets/fullsize/955>
- Kahn, C. M. (Ed.). (2007). *Manual Merck de Veterinaria*. Barcelona: Océano.
- Kumar, R., Datta, T. K., & Lalitha, K. V. (2015). Salmonella grows vigorously on seafood and expresses its virulence and stress genes at different temperature exposure. *BMC Microbiology*, 15(254), 1-10. doi: 10.1186/s12866-015-0579-1
- Kwenin, W., Seidu, J., & Boadi-Amoah, F. (2013). Nutritional Profile, Sensory Properties and Microbial Quality of Solar-Dried Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(7), 285-290.
- Laboratory Quality Assurance Staff. (2017). *Food Safety and Inspeccion Service*. United States: USDA. Recuperado de <https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/700c05fe-06a2-492a-a6e1-3357f7701f52/MLG4.pdf?MOD=AJPERES>

- Liu, C., Mou, J., & Su, Y.-C. (2016). Behavior of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in Raw Yellowfin Tuna during Cold Storage. *Foods*, 5(16), 1-9. doi: 10.3390/foods5010016
- Mahmoud, B. (Ed.). (2012). *Salmonella A Dangerous Food Pathogen*. Recuperado de: <https://library.umac.mo/ebooks/b28055688.pdf>
- MDM Científica. (2018). *Series de identificación bioquímica (urea, citrato, lisina, SIM, TSI)*. Medellín, Colombia: MDM Científica S.A.. Recuperado de <https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2018/09/O-P.PD-20-INSERTO-Series-de-Identificaci%C3%B3n-Bioqu%C3%ADmica-04092018.pdf>
- Mendoza Parada, M. D. (2014). *Determinación microbiológica de la carne de pollo que se expende en el mercado el guarda ciudad de Guatemala* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2007). *Protocolos nacionales de vigilancia de salud pública*. Recuperado de http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/PROTOCOLOS_MSPAS_2007.pdf
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Reglamento Técnico Centroamericano*. Recuperado de <http://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCACriteriosMicrobiologicos.PDF>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2016). *Situación de las enfermedades transmisibles y no transmisibles de vigilancia epidemiológica, Guatemala 2015*. Recuperado de <http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202017/Desarrollo/PRIORIDADES%20DE%20VIGILANCIA%20EPI%201de1.pdf>
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2017). *Situación epidemiológica de enfermedades transmitidas por agua y alimentos (ETAS)*. Recuperado de http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202017/ETAS/ETAS_SEM_26_2017.pdf

- Morales, G., Blanco, L., Arias, M., & Chaves, C. (2004). Evaluación de la calidad bacteriológica de tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) proveniente de la Zona Norte de Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(4), 1-6. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222004000400010&script=sci_arttext
- Pérez Ortega, S. M. (2013). *Diseño y elaboración de un manual contable en una pequeña empresa dedicada al cultivo de tilapia* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Robledo López, A. (2015). *Investigación de Salmonella spp en alimentos mediante el método tradicional ISO 6579 y dos métodos inmunoenzimáticos* (tesis de grado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26111/memoria.pdf>
- Romero Jarero, J. M., & Negrete Redondo, M. d. (2011). Presencia de bacterias Gram positivas en músculo de pescado con importancia comercial en la zona del Caribe mexicano. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, 82(2), 599-606. Recuperado de <http://revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/465/433>
- Romero Jarero, J., Negrete Redondo, P., & Monroy Dosta, M. d. (2016). Bacterial load comparison of marine fish collected and commercially obtained for human consumption in western region of Yucatan Peninsula, Mexico. *International Journal of Aquatic Science*, 7(1), 6-12.
- Sandoval Portillo, R. E. (2015). *Comparación física y nutricional de cuatro alimentos balanceados extrusados comerciales utilizados en la fase de engorde de tilapia (Oreochromis nilótica) en Guatemala* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Scharlau. (2012). *Agar Base XLT₄*. Bogotá, Colombia: Annar Diagnóstica Import S.A.S. Recuperado de <http://www.annardx.com/productos/images/productos/industria/microbiologiaindustrial/01708500.pdf>

- Semedo Fernandes, D. V., Silva Castro, V., da Cunha Neto, A., & de Souza Figueiredo, E. E. (2018). *Salmonella* spp. in the fish production chain: a review. *Ciencia Rural*, 48(8). doi: 10.1590/0103-8478cr20180141
- Sheyin, A., & Solomon, K. (2017). Endo Microbial Fauna of Tilapia spp. (*Oreochromis niloticus*) found in a Flowing Canal at Eden Garden and Park Utako, Abuja. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 5(1), 1-8.
- Shinkafi, S., & Ukwaja, V. (2010). Bacteria Associated with Fresh Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*) Sold At Sokoto Central Market in Sokoto, Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 18(2), 217-221.
- Sistema de Información Gerencial de Salud. (2017). *Principales causas de morbilidad y mortalidad*. Recuperado de <http://sigsa.mspas.gob.gt/datos-de-salud/principales-causas-de-morbilidad-y-mortalidad>
- Stanchi, N. O. (Ed.). (2010). *Microbiologia Veterinaria*. Buenos Aires: Intermédica.
- Traoré, O., Nyholm, O., Siitonen, A., Bonkoungou, I., Traoré, A., Barro, N., & Haukka, K. (2015). Prevalence and diversity of *Salmonella enterica* in water, fish and lettuce in Ouagadougou, Burkina Faso. *BMC Microbiology*, 15(151), 1-7. doi: 10.1186/s12866-015-0484-7
- Wandili, S., Kakai, R., Waindi, E. N., & Onyango, D. (2009). Isolation of *Salmonella* and *Shigella* from fish harvested from the Winam Gulf of Lake Victoria, Kenya. *Journal of Infect Developing Countries*, 3(2), 99-104.

X. ANEXOS

Anexo 1. Criterios de selección para muestras frescas.

Se reúnen varios parámetros para que el pescado sea catalogado como producto fresco, los siguientes se tomaron en cuenta para la selección de muestras y realización del estudio.

Color y estado de la piel. El color debe ser específico de la especie, sin presentar decoloraciones, con apariencia brillante e iridiscente.

Piel brillante e iridiscente.



Piel con pérdida de iridiscencia.



Piel mate.



Piel sin decoloraciones.



Piel con ligeras decoloraciones.



Piel con decoloración marcada.



Estado de los ojos. En pescado fresco los ojos son brillantes y salientes (convexo), ocupando toda la cavidad orbitaria; la córnea es clara y transparente. Cuando avanza el deterioro, el cristalino del ejemplar se vuelve turbio, el globo ocular se aplana y por último se hunde (cóncavo).

Globo ocular convexo.



Globo ocular plano.



Globo ocular cóncavo.



Córnea transparente.



Córnea ligeramente opaca.



Córnea lechosa.



Pupila negra y brillante.



Pupila con pérdida de brillo.



Pupila gris.



Color de las branquias (agalla). Para evaluar esta área, se debe elevar levemente el opérculo. En el pescado fresco el color característico es el rojo sangre y brillante. El deterioro ocasiona una coloración rosada, llegando a marrón y amarillo.

Color rojo brillante.



Color rosado



Color marrón oscuro.



Color café/amarillo.

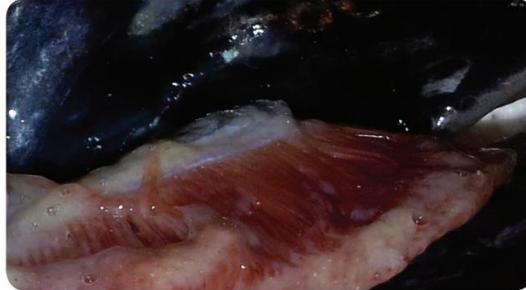


Color de la mucosidad. El pescado fresco posee una mucosidad transparente, cuando avanza el deterioro, se vuelve viscoso, hasta llegar a ser grumoso oscuro.

Mucosidad brillante y transparente.

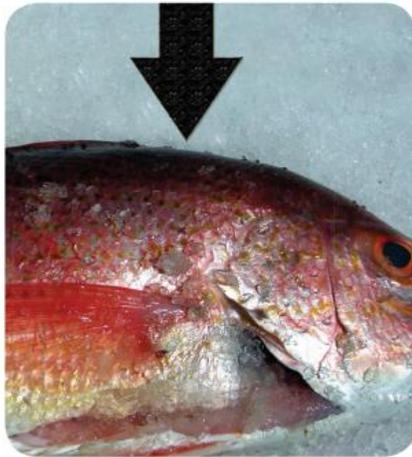


Mucosidad de aspecto lechoso.

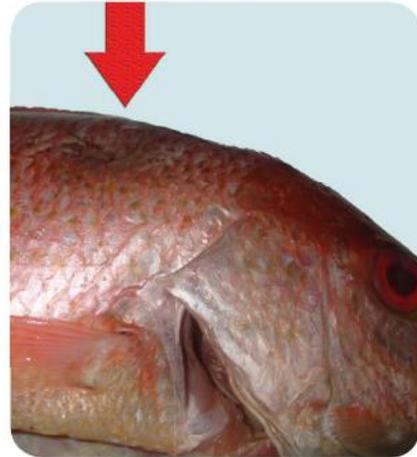


Textura del cuerpo. Se debe presionar exteriormente sobre el área del músculo dorso lateral, confirmando su firmeza y elasticidad. El tiempo que tarde en recuperarse y la profundidad de la depresión ocasionada, reflejan la pérdida de frescura del pescado.

Textura firme y elástica.

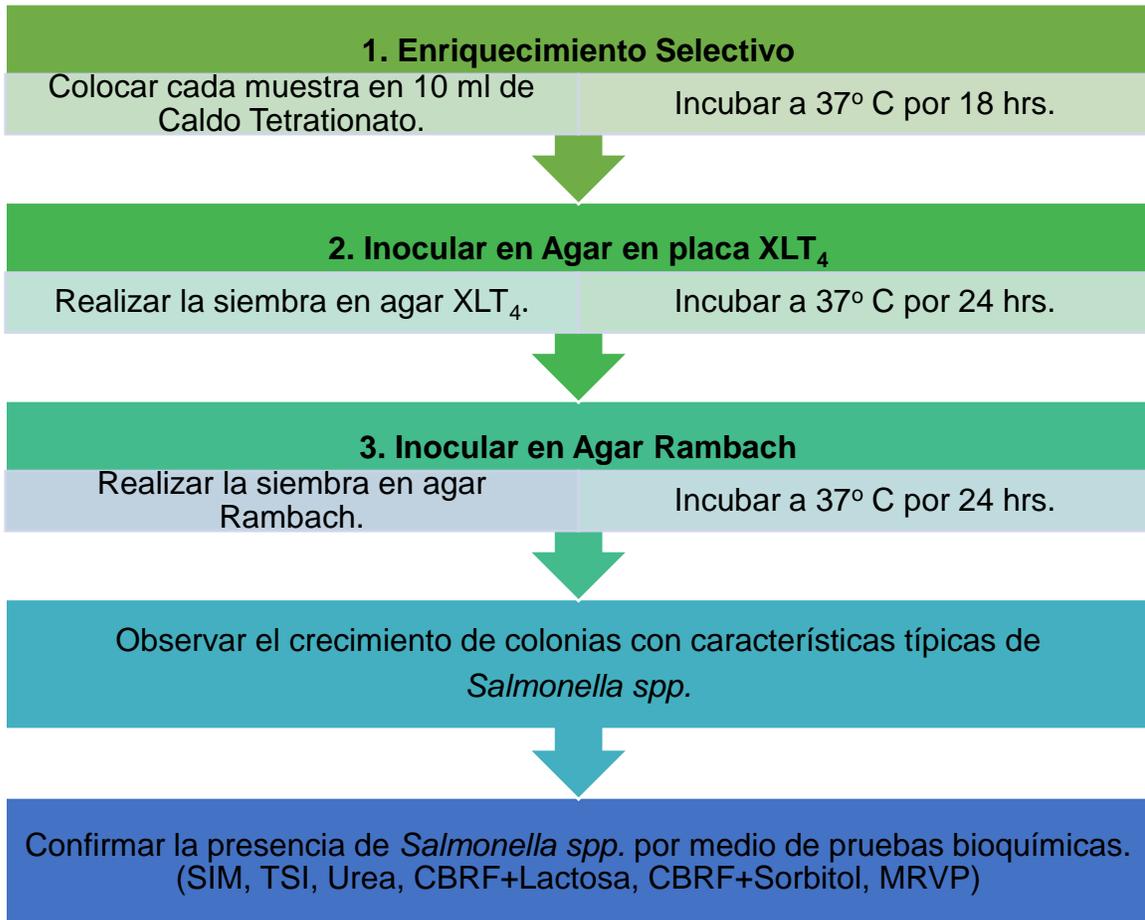


Textura blanda.



Fuente: (Contreras, Matamoros & Venegas, 2012).

Anexo 2. Diagrama de Procedimiento del Método ISO 6579:2002 con modificaciones.



Fuente: (ISO, 2002).

Anexo 3. FICHA 1. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA MUESTRAS FRESCAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

FICHA 1. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA MUESTRAS FRESCAS

NO. MUESTRA: _____ NO. EXPENDIO: _____ FECHA: _____

Criterios de Selección para Muestras Frescas					
1. Color y Estado de la Piel					
Piel brillante	Pérdida de brillo	Piel Mate	Sin Decoloraciones	Ligera decoloración	Decoloración marcada
2. Estado de los Ojos					
Globo ocular convexo		Globo ocular cóncavo		Globo ocular plano	
Córnea transparente		Córnea ligeramente opaca		Córnea lechosa	
Pupila negra y brillante		Pupila con pérdida de brillo		Pupila gris	
3. Color de las Agallas					
Rojo brillante		Rosado		Marrón oscuro	
				Café / amarillo	
4. Color de la Mucosidad					
Brillante y transparente			Aspecto lechoso		
5. Textura del Cuerpo					
Firme y elástica			Textura blanda		

¿Es la muestra apta para el estudio? Si: _____ No: _____

Observaciones: _____

Anexo 4. FICHA 2. RESULTADOS OBTENIDOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

FICHA 2. RESULTADOS OBTENIDOS

No. Muestra	No. Expendio	Fecha	Presencia de <i>Salmonella</i> spp.	
			Agalla (A)	Piel (B)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

(+): Positivo (-): Negativo

Observaciones: _____

Anexo 5. Imágenes de procedimiento de laboratorio y resultados obtenidos.

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en expendios de pescadería.



Rotulación de material utilizado en laboratorio clínico.



Evaluación de la frescura de cada tilapia.



Hisopado en agalla de tilapia.



Hisopado en piel de tilapia.



Hisopados de piel y agalla en caldo Tetracionato.



Colonias sospechosas (color negro) de *Salmonella* spp. en agar XLT₄.



Colonias sospechosas (color rojo brillante) de *Salmonella* spp. en agar Rambach.



Muestra no. 18
Hisopado de agalla



Muestra no. 18
Hisopado de piel

Pruebas bioquímicas que confirman la presencia de *Salmonella* spp.

1. SIM: (-) Indol.
2. TSI: (-) Lactosa, (+) Glucosa, (+) H₂S, (+) Gas.
3. Urea: (-)
4. CBRF+Lactosa: (-)
5. CBRF+Sorbitol: (+)
6. MRVP: 6.1 MR (+)
6.2 VP (-)





Anexo 6. Medios de cultivo selectivos que permitieron determinar la presencia de *Salmonella* spp.

Medio de Cultivo		Fundamento	Resultado/ Características de <i>Salmonella</i> spp.
1. Enriquecimiento Selectivo	Caldo Tetrionato	El medio contiene sales biliares y tetrionato que inhiben el crecimiento de bacterias Gram (+) y otras enterobacterias, mientras que <i>Salmonella</i> metaboliza el tetrionato por su enzima tetrionato reductasa. Además, provee nutrientes esenciales.	Turbidez del medio debido a crecimiento bacteriano.
2. Medios de Cultivo Sólido Selectivo	Agar XLT ₄	<i>Salmonella</i> produce SH ₂ a partir del tiosulfato evidenciando el precipitado negro de sulfuro férrico, el uso de xilosa y sacarosa indicado por el rojo fenol, y descarboxilación de lisina.	Colonias color negro o rojas con centro negro.
	Agar Rambach	Evidencia la habilidad de <i>Salmonella</i> de metabolizar propilenglicol; contiene sales biliares que inhiben crecimiento de coliformes.	Colonias color rojo brillante.

Fuente: (Britania, 2015; Scharlau, 2012; Stanchi, 2010).

Anexo 7. Descripción de resultados obtenidos de las pruebas bioquímicas que confirman la presencia de *Salmonella* spp.

SIM.

- **Fundamento.** La producción de Indol se origina a partir de la caseína rica en triptófano que algunas bacterias utilizan, y se demuestra por medio de la adición de reactivo de Kovacs dando lugar a la formación de un anillo color rojo-púrpura en la superficie del medio, si es negativo el anillo será color amarillo. El medio también permite la capacidad de formar H₂S y observar si la bacteria posee movilidad (MDM Científica, 2018).
- **Resultado.** (-) a Indol: formación de anillo color amarillo en la superficie del medio.

TSI.

- **Fundamento.** La fermentación de los azúcares lactosa, sacarosa y glucosa se manifiestan por el indicador rojo fenol, que vira a color amarillo en medio ácido (+) y rojo intenso en alcalinización (-). El componente tiosulfato de sodio es reducido a H₂S que reacciona con sulfato de hierro y amonio produciendo sulfuro de hierro color negro (MDM Científica, 2018).
- **Resultado.** (-) a Lactosa, agar inclinado alcalino/ color rojo; (+) Glucosa, base ácido/color amarillo; (+) H₂S, oscurecimiento del medio; (+) Gas.

Urea.

- **Fundamento.** La enzima ureasa de ciertas bacterias hidroliza urea generando dióxido de carbono y amoníaco. El amoníaco alcaliniza el medio virando a rojo por indicador rojo fenol (MDM Científica, 2018).
- **Resultado.** (-) a urea: Medio permanece de color amarillo, no se observan cambios.

CBRF + Lactosa.

- Fundamento. Este medio permite la fermentación de lactosa y por consecuencia la formación de un viraje ácido del medio que debido al indicador rojo fenol, se caracteriza por un cambio a color amarillo (BD, 2015).
- Resultado. (-), Medio color rojo (alcalino), no se observan cambios.

CBRF + Sorbitol.

- Fundamento. Este medio permite la fermentación de sorbitol y por consecuencia la formación de un viraje ácido del medio que debido al indicador rojo fenol, se caracteriza por un cambio a color amarillo (BD, 2015).
- Resultado. (+), Medio color amarillo (ácido).

MRVP.

- Fundamento. El medio contiene glucosa como carbohidrato fermentable, la cual es metabolizada por distintas vías por los microorganismos originando productos finales distintos, como productos finales ácidos o productos finales neutros. El indicador de rojo de metilo revela que sí se han producido productos finales ácidos como ácido láctico, ácido acético o ácido fórmico cuando el medio gira a color rojo, pero si permanece amarillo será negativo. Para determinar si se han generado productos finales neutros como acetil metil carbinol, se debe adicionar al medio alfa naftol e hidróxido de potasio; la reacción positiva se manifiesta por la formación de un anillo color rojo en la superficie, debido a la oxidación de acetil metil carbinol a diacetilo que reacciona con la peptona del medio; se observa la formación de un anillo café cuando no se presentan productos finales neutros (Britania, 2015).
- Resultado. (+) MR, medio cambia a color rojo; (-) VP, formación de anillo café en la superficie del medio.