Revista Carácter
Vol. 11, No. 1, Diciembre, 2023
e-ISSN: 2602-8476, ISSN: 1390-7662
www.upacifico.edu.ec/revistacaracter

Bioindicadores de preservación por congelación en el comercio de la Tilapia (OREOCHROMIS SPP)

Bioindicators of preservation by freezing in the Tilapia trade (OREOCHROMIS SPP)

José Arcadio Zamora Laborde[a], José Alberto Zamora Guevara[b]

a. Universidad de Guayaquil. Email: jose.zamoral@ug.edu.ec
http://orcid.org/0009-0008-9347-4964
b. Universidad de Guayaquil. Email: jose.zamoragu@ug.edu.ec
http://orcid.org/0000-0002-4138-742X

Palabras Clave
Tilapia, comercio, congelación, conservación, AOAC.

Historia del Artículo
Recibido 17-10-2023
Revisado 26-10-2023
Aceptado 20-11-2023
Publicado 29-12-2023

Resumen. La investigación desarrollada en función de mejorar la productividad de los vendedores de tilapia en el Ecuador, y tuvo como objetivo principal el evaluar el impacto existente entre la cantidad de aerobios mesófilos y la duración de la viabilidad de los filetes de Tilapia (Oreochromis spp) refrigerados a una temperatura constante de 1-5 ºC. El método experimental aplicado, tuvo un período de 24 semanas, en donde se tomaron muestras en cada una de ellas y se observó la descomposición del pescado en congelación durante 5, 10 y 15 días en cada muestra. Se llegó a la conclusión de que el número de aerobios mesófilos es un indicador aceptable para determinar la vida útil de los filetes de tilapia. Este parámetro puede utilizarse como una herramienta precisa sin necesidad de recurrir a pruebas organolépticas, que resultan inexactas. El estudio demuestra que existe un crecimiento casi acelerado de las bacterias en los filetes de tilapia a medida que pasa el tiempo. Los resultados obtenidos se comparan con los estándares AOAC de crecimiento bacteriano para un alimento. Se destaca que, según la FAO, los límites para que el músculo del filete sea apto para el consumo humano deben estar entre 5 × 10^5 y 1 × 10^7 UFC/gramo, mientras que en este trabajo los límites fueron significativamente menores (1 × 10^3 y 1 × 10^4 UFC/gramo). Se observa un aumento significativo en el número de aerobios mesófilos, especialmente a los 15 días de conservación, momento en el cual se inicia la descomposición, manifestada por signos como flacidez en el músculo, olor característico de descomposición y cambio de color de blanco a pardo rojizo.

Keywords
Tilapia, trade, freezing, conservation, AOAC,

Article History
Received 17-10-2023
Revised 26-10-2023
Accepted 20-11-2023
Published 29-12-2023

Abstract. The research developed to improve the productivity of tilapia sellers in Ecuador, and had as its main objective to evaluate the impact between the amount of mesophilic aerobes and the duration of viability of refrigerated Tilapia fillets (Oreochromis spp). at a constant temperature of 1-5 ºC. The experimental method applied had a period of 24 weeks, where samples were taken in each of them and the decomposition of the frozen fish was observed for 5, 10 and 15 days in each sample. It was concluded that the number of mesophilic aerobes is an acceptable indicator to determine the shelf life of tilapia fillets. This parameter can be used as a precise tool without the need to resort to organoleptic tests, which are inaccurate. The study shows that there is an almost accelerated growth of bacteria in tilapia fillets as time passes. The results obtained are compared with the AOAC standards of bacterial growth for a food. It is highlighted that, according to the FAO, the limits for the fillet muscle to be suitable for human consumption must be between 5 × 10^5 and 1 × 10^7 CFU/gram, while in this work the limits were significantly lower. (1 × 10^3 and 1 × 10^4 CFU/gram). A significant increase in the number of mesophilic aerobes is observed, especially after 15 days of conservation, at which time decomposition begins, manifested by signs such as flaccidity in the muscle, characteristic odor of decomposition and color change from white to brown. reddish.

1. Introducción

La preservación de alimentos desafía constantemente a la humanidad en su búsqueda de satisfacer las necesidades nutricionales de una población en constante crecimiento. En este contexto, el tiempo de congelación de alimentos, como la tilapia, emerge como un componente crucial para garantizar la seguridad alimentaria y aprovechar al máximo los beneficios nutricionales de este pescado. Este documento explora la importancia del tiempo de congelación en la preservación de filetes de tilapia, destacando sus implicaciones en la alimentación humana y en su tiempo de comercialización, en especial para ayudar a pequeños productores a mejorar la calidad de sus productos (Buitrago et al., 2021).

La pérdida económica asociada con una tilapia mal conservada puede ser significativa y afectar diversos aspectos de la cadena de suministro y comercialización. Algunos de los factores que contribuyen a la pérdida de dinero. Si la tilapia no se conserva adecuadamente, se produce un deterioro rápido del producto. Esto puede resultar en la pérdida de calidad, textura y sabor del pescado, lo que afecta su valor en el mercado. Los consumidores suelen preferir productos frescos y de alta calidad, por lo que la tilapia mal conservada puede no cumplir con sus expectativas, generando pérdidas para los productores y distribuidores (Cerquera et al., 2021).

El deterioro acelerado puede llevar a la necesidad de descartar filetes de tilapia que no cumplen con los estándares de calidad o que han alcanzado su tiempo de vida útil. Esto resulta en la pérdida directa de los productos y, por ende, en una disminución de los ingresos para los involucrados en la cadena de suministro. Los consumidores insatisfechos con la calidad de la tilapia pueden presentar reclamaciones o devolver los productos. Esto no solo genera pérdidas directas por los productos devueltos, sino que también puede afectar la reputación de la marca y la confianza del consumidor, teniendo impactos a largo plazo en las ventas (Chitambo et al., 2023).

Si la tilapia no se conserva correctamente durante el transporte y almacenamiento, puede resultar en mayores costos operativos. Por ejemplo, se pueden necesitar sistemas de refrigeración más eficientes o tiempos de transporte más cortos para mantener la calidad del producto, lo que aumenta los costos logísticos. La pérdida de calidad de la tilapia mal conservada puede tener un impacto en toda la cadena de

suministro, desde los productores hasta los minoristas. Esto puede generar dificultades en la comercialización del producto y reducir la demanda por parte de los consumidores, afectando los ingresos en cada etapa.

La mala conservación de la tilapia puede resultar en pérdidas económicas significativas a lo largo de la cadena de suministro, afectando la calidad del producto, generando desperdicio y aumentando los costos operativos. Es fundamental implementar prácticas adecuadas de manejo y conservación para minimizar estos riesgos y garantizar la rentabilidad en la comercialización de tilapia. Según Cortés-Sánchez et al., (2021), la tilapia es una fuente valiosa de proteínas magras, ácidos grasos omega-3 y diversos micronutrientes esenciales. Sin embargo, mantener su calidad nutricional durante el almacenamiento es esencial. El congelamiento a temperaturas adecuadas preserva estos nutrientes, asegurando que el producto final mantenga su valioso aporte nutricional.

El congelamiento eficiente prolonga significativamente el tiempo de vida útil de los filetes de tilapia. Esto no solo reduce el desperdicio de alimentos, sino que también permite que este recurso alimentario esté disponible durante períodos más extensos, incluso en áreas geográficas distantes de los lugares de procesamiento. El tiempo de congelación actúa como una barrera efectiva contra la proliferación de microorganismos, lo que contribuye a la seguridad alimentaria. La rápida congelación impide el crecimiento de bacterias, virus y parásitos, minimizando el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos y asegurando que la tilapia congelada sea un producto seguro para el consumo humano (Jaramillo-Vargas et al., 2021).

El proceso de congelación adecuado también influye en la textura y el sabor de los filetes de tilapia. Un congelamiento controlado evita la formación de cristales de hielo grandes, preservando la integridad celular y la textura del pescado. Además, minimiza la pérdida de sabores naturales, garantizando una experiencia gastronómica satisfactoria al descongelar y cocinar la tilapia. El tiempo de congelación emerge como un factor clave en la maximización de los beneficios nutricionales y la seguridad alimentaria de los filetes de tilapia. A través de un congelamiento eficiente, no solo se preserva la calidad nutricional del pescado, sino que también se extiende su vida útil, se controla la proliferación de microorganismos y se asegura la textura y el sabor óptimos. Este enfoque no solo beneficia la nutrición del ser humano, sino que también contribuye

a reducir el desperdicio de alimentos y garantiza el acceso a alimentos seguros y saludables en diversas regiones del mundo (Ruiz, 2023).

El objeto de la investigación es permitir que los filetes de tilapia sean consumidos en ubicaciones geográficas distantes al lugar de procesamiento, requiriendo así la validación de un tiempo de vida útil que supere los requisitos normativos de salud. Con este fin, se aplicaron técnicas microbiológicas detalladas en el manual de la ICMSF (Microorganismos de los Alimentos - Técnicas de análisis microbiológico - Volumen 1) (ICMSF, 1983), específicamente para la cuantificación de aerobios mesófilos.

El objetivo general de la investigación fue el evaluar la correlación existente entre la cantidad de aerobios mesófilos y la duración de la viabilidad de los filetes de Tilapia (Oreochromis spp) refrigerados a una temperatura constante de 1-5 ºC. Los objetivos específicos son: a) Determinar la concentración de aerobios mesófilos a los 0, 5, 10, 15 días posteriores a la producción, mediante el análisis de una muestra de filete de tilapia mantenida a una temperatura constante de refrigeración de -5 ºC. b) Cuantificar el desarrollo bacteriano en relación con el periodo de conservación del filete. c) Realizar una comparación de los resultados obtenidos con los criterios de crecimiento bacteriano establecidos por la Association of Analytical Communities (AOAC) para alimentos. d) Establecer el tiempo máximo de vida útil para que el filete sea considerado apto para el consumo humano.

Revisión de la literatura

La preservación por congelación desempeña un papel fundamental en la industria del comercio de pescados y mariscos, asegurando la calidad y seguridad de los productos destinados al consumo humano. En este contexto, la Tilapia (Oreochromis spp) ha surgido como un componente destacado en el comercio internacional de productos pesqueros congelados, representando un desafío crucial para los productores y comercializadores en términos de mantener la integridad biológica y sensorial del pescado durante su almacenamiento y transporte (Dulce et al., 2023).

Esta revisión de la literatura se centra en la evaluación de bioindicadores de preservación por congelación específicos para la tilapia, analizando investigaciones previas que han abordado los aspectos microbiológicos, bioquímicos y sensoriales asociados con la congelación y su impacto en la calidad final del producto. La

comprensión detallada de estos bioindicadores es esencial para desarrollar estrategias efectivas de preservación, garantizando la entrega de tilapia congelada de alta calidad y cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad alimentaria. En la literatura científica, se ha observado que la congelación afecta no solo la viabilidad microbiológica de la tilapia, sino también sus características sensoriales y propiedades bioquímicas. La identificación y cuantificación precisa de microorganismos indicadores de deterioro, así como la evaluación de cambios en la textura, color, y composición química, son aspectos críticos que delinean la efectividad de los métodos de congelación y almacenamiento empleados en la cadena de suministro de la tilapia (Gallego & Gallego, 2022).

Los bioindicadores microbiológicos permiten monitorear la presencia de microorganismos específicos, tales como Pseudomonas, Shewanella, y bacterias coliformes, cuya proliferación durante la congelación puede indicar un manejo inadecuado del producto. Además, la revisión examinará cómo las investigaciones han abordado la correlación entre la actividad enzimática y cambios en la composición bioquímica de la tilapia congelada, especialmente en términos de la degradación de lípidos y proteínas (ICMSF, 1983).

La comprensión integral de estos bioindicadores no solo contribuirá a la mejora de las prácticas de congelación en la cadena de suministro de la tilapia, sino que también permitirá el desarrollo de estrategias preventivas y correctivas para garantizar la entrega de un producto final que cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos por los consumidores y reguladores internacionales. A medida que avanzamos en esta revisión de la literatura, se explorarán los estudios más relevantes y los avances científicos más recientes relacionados con los bioindicadores de preservación por congelación en el comercio de la tilapia, proporcionando una visión detallada y actualizada de los desafíos y oportunidades que enfrenta esta industria en constante evolución (Cortés-Sánchez, Espinosa-Chaurand, Díaz-Ramirez, et al., 2021).

Las Tilapias

La especie conocida como Tilapia roja (Oreochromis mosssambicus spp.), también denominada Mojarra roja, se presenta como un organismo cuya clasificación taxonómica no se adscribe a un único nombre científico. Este pez surge como un híbrido resultado de la reproducción cruzada de cuatro especies de Tilapia, entre las

cuales tres tienen su origen en África y la cuarta proviene de Israel. Estos peces exhiben comportamientos territoriales, siendo especialmente agresivos al defender su territorio contra la presencia de otros peces. Sin embargo, en ambientes acuáticos extensos, típicos de cultivos comerciales, esta agresividad tiende a disminuir, limitándose al entorno específico de su territorio. (Buitrago et al., 2021).

En relación al dimorfismo sexual presente en la especie, se ha señalado que los individuos masculinos exhiben dimensiones mayores y presentan una coloración y brillo más pronunciados en comparación con las hembras. En cuanto al proceso reproductivo, se destaca la incubación bucal como característica distintiva, además de un cuidado especial hacia la progenie. En lo que respecta a su dieta, la tilapia roja muestra un amplio espectro alimenticio, consumiendo diversos tipos de alimentos vivos, frescos y congelados. También acepta alimentos secos formulados para peces, particularmente pellets que han sido previamente humectados. Es importante destacar que, en condiciones de cultivo comercial, los machos de tilapia experimentan un crecimiento más rápido y alcanzan tamaños superiores en comparación con las hembras, llegando a dimensiones de hasta 39 cm, aunque en entornos de acuario su tamaño puede ser ligeramente menor (Chitambo et al., 2023).

De acuerdo con Lerma-Fierro et al., (2020) la Tilapia roja (Oreochromis mossambicus spp.), también conocida como Mojarra roja, es un pez que, desde el punto de vista taxonómico, no puede ser categorizado bajo un único nombre científico, ya que es el resultado de un cruce entre cuatro especies distintas de Tilapia, tres de origen africano y una de origen israelí. Estos peces exhiben comportamientos territoriales, mostrando agresividad en la defensa de su territorio ante otros peces, aunque esta conducta disminuye en cuerpos de agua más extensos, como los típicos en cultivos comerciales. En relación al dimorfismo sexual, se ha observado que los machos son de mayor tamaño y presentan colores más intensos en comparación con las hembras. El proceso reproductivo se caracteriza por la incubación bucal y el cuidado parental hacia la cría.

En cuanto a su alimentación, la Tilapia roja tiene una dieta variada, incluyendo organismos vivos, frescos y congelados, así como pellets humectados previamente. Los machos de esta especie experimentan un crecimiento más rápido y alcanzan mayores dimensiones en comparación con las hembras. En ambientes de cultivo comercial,

pueden llegar a alcanzar tamaños de hasta 39 cm, aunque en entornos de acuario, su tamaño podría ser ligeramente menor. La Tilapia o Mojarra Negra (Oreochromis niloticus), originaria de África, tiene como base alimentaria en su hábitat natural el fitoplancton y detritus orgánicos. Su óptimo rango de producción se encuentra en temperaturas entre 25-30 ºC, siendo sensible a temperaturas bajas, con un límite letal entre 9 y 13 ºC. Es una de las especies más ampliamente cultivadas a nivel mundial (Cerquera et al., 2021).

Microorganismos bacterianos

Los microrganismos desempeñan un papel crucial en la alteración del pescado fresco, siendo los responsables de generar sabores indeseables asociados a la alteración. En este contexto, el control de la alteración implica en gran medida el control de los microrganismos. Aunque los microrganismos se encuentran en la superficie externa y en las vísceras del animal, durante su vida no invaden la carne estéril debido a las defensas naturales del organismo. La tilapia, un pescado de gran importancia en la industria alimentaria, se enfrenta a diversos desafíos en su transporte desde el lugar de cosecha hasta su llegada al sector alimentario (A. H. Sherif & Kassab, 2023).

Uno de los problemas más significativos es la proliferación de microorganismos bacterianos que pueden comprometer la calidad y seguridad del producto. Este ensayo explora la problemática de los microorganismos bacterianos en el transporte de la tilapia y destaca la importancia de implementar medidas efectivas para garantizar la integridad del pescado durante esta fase crítica de la cadena alimentaria. La tilapia, perteneciente al género Oreochromis, es conocida por su versatilidad culinaria y su aporte nutricional. Sin embargo, su transporte desde las instalaciones de cultivo hasta el sector alimentario puede exponerla a condiciones ambientales propicias para el crecimiento bacteriano (Cortés-Sánchez, Espinosa-Chaurand, Díaz-Ramirez, et al., 2021).

Diversas especies bacterianas, como Pseudomonas, Shewanella y Enterobacterias, son conocidas por causar alteraciones en la tilapia, comprometiendo su frescura y seguridad para el consumo. Uno de los principales desafíos en el transporte de tilapia es el mantenimiento de condiciones adecuadas de temperatura. Las bacterias son organismos extremadamente adaptables, y su tasa de reproducción aumenta significativamente en entornos cálidos. Durante el transporte, especialmente en climas tropicales, la tilapia cosechada puede estar expuesta a temperaturas que favorecen el

desarrollo bacteriano, aumentando el riesgo de contaminación. La contaminación bacteriana puede manifestarse de diversas maneras. Por ejemplo, Pseudomonas spp. puede causar decoloración y mal olor en el pescado, afectando su aceptación por parte de los consumidores. Las Enterobacterias, incluyendo Escherichia coli, son indicadores de contaminación fecal y su presencia puede poner en riesgo la seguridad alimentaria. Además, bacterias del género Shewanella están asociadas con la producción de compuestos volátiles de nitrógeno, que contribuyen al deterioro sensorial de la tilapia (Soudah et al., 2023).

Es esencial implementar estrategias efectivas para mitigar el riesgo de contaminación bacteriana durante el transporte de la tilapia. La refrigeración adecuada es clave para frenar la proliferación bacteriana, manteniendo el pescado a temperaturas que inhiban el crecimiento microbiano. Los controles de higiene y desinfección en las instalaciones de procesamiento y durante el transporte son fundamentales para prevenir la contaminación cruzada. Además, la conciencia y educación de los actores involucrados en la cadena de suministro son aspectos cruciales. Los pescadores, transportistas y personal de procesamiento deben comprender la importancia de las buenas prácticas de manipulación y transporte para preservar la calidad y seguridad de la tilapia. La implementación de protocolos de monitoreo microbiológico a lo largo de la cadena logística puede ayudar a identificar y abordar posibles puntos críticos de contaminación (A. Sherif & Abuleila, 2022).

Los microorganismos bacterianos representan un desafío significativo en el transporte de tilapia hacia el sector alimentario. La adopción de medidas preventivas, como la refrigeración adecuada, prácticas de higiene rigurosas y la concienciación de los actores en la cadena de suministro, son esenciales para garantizar que la tilapia llegue al consumidor final con la frescura y calidad esperadas. La gestión efectiva de la contaminación bacteriana no solo protege la reputación de la tilapia como alimento seguro y nutritivo, sino que también contribuye a la sostenibilidad y prosperidad de la industria pesquera (Buitrago et al., 2021).

Comercialización de la tilapia

Ecuador, con su rica diversidad acuícola, se ha convertido en un jugador destacado en el comercio internacional de productos pesqueros, y la tilapia congelada ha emergido como una de las principales contribuciones de este país a los mercados

globales. Este ensayo examinará cómo funciona el comercio de tilapia congelada en Ecuador, destacando los aspectos clave de su producción, exportación y los desafíos y oportunidades que enfrenta esta industria (Carrillo, 2023).

Según El-Sayed & Fitzsimmons (2023) la producción de tilapia en Ecuador ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas. Las condiciones climáticas favorables y la presencia de cuerpos de agua adecuados han propiciado el desarrollo de la acuicultura, con la tilapia (principalmente de la especie Oreochromis niloticus) destacándose como una de las especies más cultivadas. Los productores ecuatorianos han implementado prácticas de cultivo sostenibles y tecnologías avanzadas para garantizar la calidad del producto final.

La exportación de tilapia congelada se ha convertido en una parte integral de la economía pesquera ecuatoriana. Los filetes de tilapia son procesados, congelados y exportados a mercados internacionales, siendo Estados Unidos, Europa y Asia algunos de los destinos clave. Este comercio ha sido impulsado por la creciente demanda mundial de productos pesqueros y la reputación de Ecuador como proveedor confiable y sostenible. Uno de los factores clave en el funcionamiento eficiente del comercio de tilapia congelada en Ecuador es la cadena de frío. La cadena de frío se mantiene rigurosamente desde el momento de la cosecha hasta la entrega al destino final. Los procesadores y exportadores invierten en instalaciones modernas de procesamiento y congelación, así como en sistemas logísticos eficientes para garantizar que la tilapia llegue a los mercados internacionales en condiciones óptimas (Xiong et al., 2023).

Las regulaciones y estándares internacionales de calidad son aspectos críticos en el comercio de tilapia congelada. Ecuador se adhiere a las normativas establecidas por organizaciones como la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Unión Europea. Cumplir con estas normativas es esencial para mantener la confianza de los consumidores y garantizar el acceso continuo a los mercados internacionales. A pesar del éxito, el comercio de tilapia congelada en Ecuador también enfrenta desafíos. La competencia global es intensa, y los productores deben estar atentos a las tendencias del mercado y adaptarse a las demandas cambiantes de los consumidores. Además, las fluctuaciones en los precios de los insumos y los costos logísticos pueden afectar la rentabilidad de la industria (Shinn et al., 2023).

Sin embargo, existen oportunidades para el crecimiento y la diversificación. La tilapia ecuatoriana ha ganado reconocimiento por su calidad y sostenibilidad, y hay oportunidades para expandir la presencia en nuevos mercados. La innovación en productos y procesos, como el desarrollo de productos de valor agregado y la adopción de certificaciones de pesca sostenible, pueden mejorar la posición de la tilapia ecuatoriana en el mercado internacional, el comercio de tilapia congelada en Ecuador funciona como un componente esencial de la economía pesquera del país. La combinación de prácticas sostenibles, tecnología avanzada, cumplimiento de estándares internacionales y adaptación a las tendencias del mercado ha permitido que Ecuador se posicione como un actor clave en la exportación de tilapia congelada. Aunque enfrenta desafíos, la industria tiene oportunidades significativas para seguir creciendo y contribuyendo al desarrollo sostenible del sector pesquero ecuatoriano.

En un estudio llevado a cabo por Engle et al. (2023), se examina el desarrollo de un sistema de envase y embalaje para la exportación del filete de tilapia roja ecuatoriana hacia el mercado norteamericano. El autor analiza factores relacionados con la producción del filete de tilapia roja y evalúa diversas opciones de envases adecuados para la exportación. Además, se revisan las normativas establecidas por el Gobierno Federal Norteamericano para la importación de productos alimenticios, así como las normativas vigentes en Ecuador para la exportación de productos alimenticios.

2. Metodología

Se llevaron a cabo investigaciones sobre filetes de tilapia de la especie Oreochromis spp cultivadas en las piscinas de crecimiento de acuicultura ubicadas en el sector de Taura, Guayas. Para el transporte de las tilapias, las cuales fueron mantenidas vivas, se emplearon camiones-cápsula, manteniendo la temperatura entre 18-22 ºC. Posteriormente, las tilapias fueron sometidas a procesos de degüello, desangrado y desescamado, obteniéndose dos filetes de cada ejemplar, uno correspondiente al lomo y otro a la panza. Los filetes procesados fueron empacados en la empresa utilizando cajas de poliestireno expandido con una capacidad de cinco libras.

En el análisis microbiológico, se seleccionó una caja de cada lote de muestra. De cada filete retirado, se realizó un corte y maceración con agua de peptona al 0.1 %. Se

procedió a preparar tres diluciones (1/10, 1/100 y 1/1000), y cada dilución se sembró en agar PCA para llevar a cabo el conteo de aerobios totales a una temperatura de 35 ºC durante un periodo de 48 horas. Paralelamente, se sembró para determinar la presencia de coliformes totales, fecales y Escherichia coli (E. coli) utilizando la técnica del Número Más Probable (NMP). La identificación de E. coli se realizó mediante la técnica bioquímica del IMViC.

Para garantizar la esterilización de los medios de cultivo, se utilizó una autoclave vertical de modelo *All American*, NO 25X. Asimismo, todo el material de vidrio empleado fue esterilizado en equipos Memmert de 3 bandejas, modelo U10, y en el modelo ISO 400 de AESCULAP. Las muestras de tilapia fueron pesadas con una balanza analítica *Mettler H31AR* y luego incubadas en estufas de cultura, específicamente en los modelos INB 200 de *Memmert*, 002CB de *Fanem* y G1008-Q de *BLUE M*.

Los reactivos preparados para el análisis microbiológico se mantuvieron en refrigeración utilizando un refrigerador de marca y modelo Indurama Multiflow, mientras que las contramuestras fueron almacenadas en un congelador vertical de marca SMC. Finalmente, las muestras fueron incubadas en un baño termostático DSB 100 antes de llevar a cabo la identificación de Escherichia coli (E. coli). Cabe destacar que todos los procedimientos y equipos utilizados en este estudio cumplieron con rigurosos estándares de esterilización y control de calidad para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Hipótesis

La cantidad de aerobios mesófilos es determinante en la duración de la viabilidad de los filetes de Tilapia (Oreochromis spp) almacenados a una temperatura constante de 1-5 °C.

Metodología

Se empleó la metodología establecida por *The International Commission* de 1996 (Pigłowski, 2023) para llevar a cabo el análisis de las muestras de filetes de tilapia. El procedimiento incluyó las siguientes etapas:

- Preparación de la Muestra: Se llevó a cabo la preparación de los filetes de tilapia mediante la troceadura o corte en trozos medianos, seguido de un proceso de maceración con agua de peptona al 0.1 %.

- Pipeteo en Placas de Petri: Se realizaron pipeteos duplicados en placas de Petri, utilizando alícuotas de 1 ml de las diluciones 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000 y 1/100000. La serie de diluciones, recomendada especialmente cuando se desconoce el número aproximado de microrganismos en la muestra, fue sembrada en tres diluciones consecutivas.
- Fundición del Agar PCA: Se procedió con la fundición del agar PCA mediante vapor o agua hirviente. El medio fue templado a una temperatura de 44-46 ºC, cuidando de controlar la temperatura con precisión. De inmediato, se vertieron 10-15 ml de medio fundido y templado en las placas de Petri.
- Mezcla del Inóculo con el Medio Fundido: La mezcla del inóculo con el medio fundido siguió un proceso específico: (a) se realizaron movimientos de vaivén en la placa cinco veces en una dirección, (b) se giró la placa cinco veces en sentido de las agujas del reloj, (c) se repitieron movimientos de vaivén en una dirección formando un ángulo recto con la primera, y (d) se giró la placa cinco veces en sentido contrario a las agujas del reloj.
- Solidificación del Agar e Incubación: Tras la solidificación del agar, las placas se invirtieron e incubaron a 35 ºC ± 1 ºC durante 48 horas.
- Cálculo del Recuento en Placa: Para el cálculo del recuento en placa, se seleccionaron las dos placas que presentaron entre 30 y 300 Unidades Formadoras de Colonias (UFC). Se contaron todas las colonias de cada placa, se calculó la media aritmética de los dos valores y se multiplicó por el factor de dilución, inverso a la dilución de las placas seleccionadas. El resultado se expresó como el recuento en placa.
- Presentación de Resultados: En la presentación de resultados, se utilizó únicamente dos cifras significativas, correspondientes a los dígitos primero y segundo de la media de colonias encontradas, sustituyendo los dígitos restantes por ceros.

Muestreo

Se procedió a tomar muestras de forma diaria, seleccionando aleatoriamente una caja de 10 libras de la producción. Cada una de las muestras fue almacenada en condiciones de refrigeración a lo largo de los quince días que abarcó la investigación.

Recolección de datos

Los resultados recopilados fueron ingresados a una base de datos en el software Excel. La información introducida en la base de datos se obtuvo a partir del tercer día después de la siembra microbiológica.

Impacto ecológico

En la planta donde se llevó a cabo la investigación sobre la vida útil de los filetes de tilapia, el proceso productivo se rige por programas y técnicas de producción que se alinean con prácticas respetuosas del medio ambiente. La tilapia procesada proviene de fincas donde no se emplean productos químicos que puedan causar daños al entorno. Además, en la planta se emplean productos biodegradables que son amigables con el medio ambiente.

3. Resultados

A continuación, se presenta el método de análisis, la fórmula para establecer el resultado de la hipótesis y se hace un contraste de la cantidad de aerobios mesófilos con las pautas de crecimiento bacteriano establecidas por la *Association of Analytical Communities* (*AOAC INTERNATIONAL*) para alimentos, el Departamento de Pesca de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en su documento sobre Aseguramiento de la Calidad de los productos pesqueros (Ferreira & Thiex, 2023).

Método

Mínimo Cuadrados Ordinarios para realizar las regresiones, en donde la varianza de error es mínima.

Síntesis del muestreo

La tabla 1 es una recopilación de todas las fichas que se utilizaron en la investigación.

Tabla 1. *Promedio crecimiento bacteriano UFC/Gr por días de las muestras tomadas*

Días/UFC/Gr.	0	5	10	15
1 semana	890	1.130	1.290	1.720

2 semana	990	1.180	1.350	2.100
3 semana	1.050	1.230	1.800	2.600
4 semana	980	1.350	1.600	2.100
5 semana	880	1.220	1.450	1.950
6 semana	1.100	1.360	1.580	2.200
7 semana	1.120	1.360	1.680	2.450
8 semana	1.080	1.340	1.700	2.320
9 semana	950	1.280	1.680	2.150
10 semana	1.120	1.470	1.850	2.430
11 semana	1.200	1.480	1.870	2.350
12 semana	1.070	1.370	1.690	2.310
13 semana	990	1.360	1.660	2.280
14 semana	970	1.340	1.750	2.340
15 semana	1.080	1.220	1.390	1.690
16 semana	1.110	1.350	1.740	2.330
17 semana	1.000	1.320	1.850	2.350
18 semana	1.120	1.400	1.880	2.350
19 semana	1.030	1.420	1.770	2.450
20 semana	1.060	1.290	1.570	2.310
21 semana	990	1.340	1.650	2.100
22 semana	1.150	1.480	1.750	2.310
23 semana	1.030	1.370	1.740	2.140
24 semana	930	1.340	1.610	2.210

En la tabla 1, se nota que el desarrollo bacteriano apenas experimentó variaciones en relación con el inicio de la siembra, es decir, en el día cero, con un promedio de 1037 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo de muestra. Al comparar el valor mínimo de 880, obtenido en uno de los análisis, con el valor máximo de 1200, se percibe que son cifras muy cercanas. Esta tendencia se mantiene consistente en los días subsiguientes de análisis a los 5, 10 y 15 días posteriores. La investigación ilustra un crecimiento prácticamente constante y una curva casi puntual en la proliferación

bacteriana a medida que transcurre el lapso de cero a 15 días como se demuestra en la Tabla 2 y Figura 1.

Tabla 2. *Promedios de la investigación*

24 Ensayos	Resultados UFC/Gramo				UFC/Gramo	
Días	0	5	10	25	m	M
Contaje de Aerobios Totales a 35 ºC	1.037	1.333	1.663	2.231	1.000	10.000

Figura 1 Promedio de Análisis Realizados

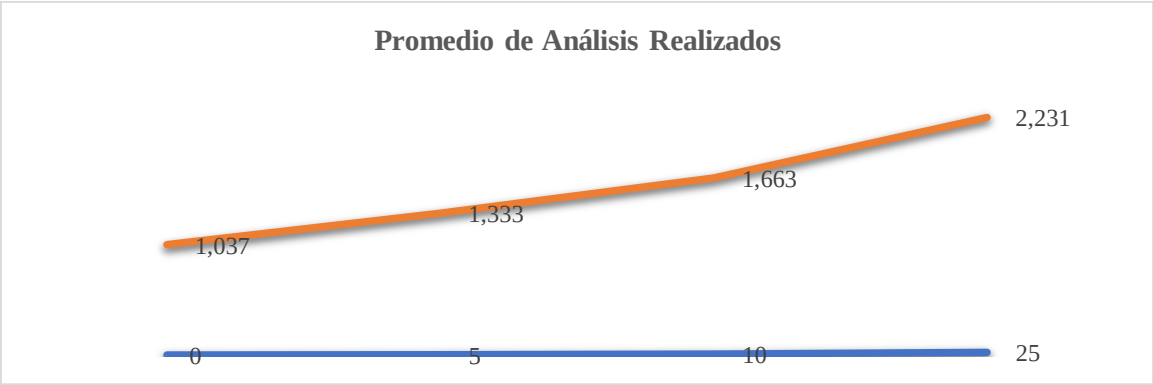

Tabla 3. Regresión de los datos promedios

Variable	Coeficiente	Error Std.	t-Estadístico	Probabilidad

ZP	3.912.000	4.536.166	8.624.023	0.0132
c	5.880.000	1.242.280	4.733.232	0.0419

Nota: Variable dependiente WP y Variable independiente ZP

Fórmula utilizada

WP = 391.2ZP + 588 + Ut; en donde Ut = Variable Aleatoria.

En la tabla 3, se evidencia que el crecimiento bacteriano experimentó escasas variaciones en comparación con el inicio de la siembra, es decir, en el día cero; la cifra promedio fue de 1037 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo de muestra. Al contrastar el valor mínimo de 880, registrado en uno de los análisis realizados, con el valor máximo de 1200, se observa que son cifras muy próximas. Este patrón se mantiene consistente en los días siguientes del análisis, a los 5, 10 y 15 días posteriores. El estudio revela un crecimiento prácticamente constante y una curva casi puntual en el desarrollo bacteriano a medida que transcurre el período de cero a 15 días.

Contraste con número de aerobios mesófilos con los estándares

Contrastando la cantidad de aerobios mesófilos con las pautas de crecimiento bacteriano establecidas por AOAC INTERNATIONAL (*Association of Analytical Communities*) para alimentos, el Departamento de Pesca de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Ferreira & Thiex, 2023), en su documento sobre Aseguramiento de la Calidad de los productos pesqueros, presenta en la tabla 4 un esquema de muestreo y límites microbiológicos recomendados para productos pesqueros.

Tabla 4. *Límites de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*

Producto	Ensayo	n	c	Límite por gramo	
				m	M
Pescado fresco y congelado	APC	5	3	5×10^5	10^7

Nota: APC significa Aerobic Plate Count

De manera general, en Ecuador se establece que el recuento de Aerobios Mesófilos en Placas (APC) debe mantenerse en los siguientes límites: valor mínimo (m) de 50,000 y valor máximo (M) de 500,000, con parámetros n=5 y c=2. A pesar de que los límites

propuestos por el Departamento de Pesca de la FAO en su documento sobre Aseguramiento de la Calidad de los productos pesqueros, empleando técnicas similares a las aplicadas en esta investigación según la ICMSF 1986, indican valores significativamente menores. Incluso, estos valores son inferiores a los requerimientos establecidos por compradores internacionales, como se evidencia en la tabla 4. Conforme a lo señalado por Engle et al. (2023), se destaca que los microrganismos desempeñan un papel fundamental en la alteración del pescado fresco, siendo responsables de generar sabores particularmente indeseables asociados a dicha alteración. Por lo tanto, el control efectivo de la alteración se centra en gran medida en la gestión de los microrganismos.

4. Conclusiones

Luego del establecimiento del recuento de aerobios mesófilos a los 0, 5, 10 y 15 días posteriores a la producción de una muestra de filete de tilapia, conservada a una temperatura constante de refrigeración de 1-5 °C, se puede observar por lo revisado en la Tabla 1, en donde se presenta el promedio de los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a lo largo de 24 quincenas, que los valores promedio se expresan en Unidades Formadoras de Colonias por gramo de muestra (UFC/g) y se registran en intervalos de cinco días, siendo el día de producción del filete considerado como día cero.

En la Tabla 2 se exhibe el promedio de las mediciones quincenales previamente mencionadas, revelando un incremento en los valores de UFC/g hasta alcanzar los 2231. Las evaluaciones organolépticas realizadas en cada etapa señalan que, al llegar a los 15 días, con un promedio de 2231 UFC/g, se inicia el proceso de descomposición. Esto se manifiesta a través de la flacidez muscular, un olor característico de descomposición y un cambio de color de blanco a pardo rojizo. Estos indicios indican que la carne ya no se encuentra en condiciones aptas para el consumo.

Basándonos en el razonamiento anterior, se observa que en la curva que representa el control del crecimiento bacteriano en relación con los días de siembra, la cantidad de microrganismos supera las 2000 Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por gramo a partir del día 15 de conservación. En este momento, de acuerdo con las evaluaciones sensoriales realizadas, se manifiestan signos evidentes de descomposición en el músculo

del filete, lo que lo hace inapto para el consumo humano. Se puede inferir un incremento en el crecimiento bacteriano.

Siguiendo la perspectiva de Haenen et al. (2023), los métodos para evaluar la calidad del pescado fresco se pueden dividir en dos categorías: sensorial e instrumental. En este contexto, es el consumidor quien proporciona las pautas para detectar la calidad del filete fresco, especialmente en términos sensoriales. La decisión de consumir o no el producto recae en el consumidor, y, por ende, es en esta instancia donde se determina si el filete está adecuado o no para el consumo humano.

La premisa de este estudio es la siguiente: "La cantidad de aerobios mesófilos es determinante en la duración de la viabilidad de los filetes de Tilapia (Oreochromis spp) almacenados a una temperatura constante de 1-5 °C". La evidencia recopilada al medir el número de aerobios mesófilos a los 0, 5, 10, 15 días después de la producción sugiere que, a los 15 días, con un promedio de 2231 UFC/g, comienza el proceso de descomposición, manifestándose con flacidez muscular, olor característico de descomposición y cambio de color de blanco a pardo rojizo. Además, el crecimiento bacteriano apenas experimentó variaciones con respecto al inicio de la siembra, es decir, al día cero, con un promedio de 1037 UFC/Gramo. Al comparar el valor mínimo de 880 y el valor máximo de 1200, se observa que son cifras muy próximas. Esta tendencia se mantiene en los días siguientes del análisis a los 5, 10 y 15 días, demostrando un crecimiento casi constante y una curva prácticamente puntual en el desarrollo bacteriano durante el periodo de cero a 15 días. La evidencia presentada lleva por los autores de la investigación a aceptar la hipótesis como confirmada, proponiendo así a la comunidad científica una técnica que emplea el número de aerobios mesófilos como indicador del tiempo de vida útil de los filetes de tilapia.

Conclusiones

- Medición del Número de Aerobios Mesófilos: Se realizó la medición del número de aerobios mesófilos a los 0, 5, 10 y 15 días posteriores a la producción de una muestra de filete de tilapia, la cual se mantuvo a una temperatura constante de refrigeración de 1-5 °C. Los resultados revelaron que, al cabo de 15 días, con un promedio de 2231 UFC/g, se inició el proceso de descomposición. Cabe destacar que la ecuación estadística utilizada mostró una probabilidad inferior al 10%, según los cálculos y el análisis promedio que arrojó un valor de 1,32% para la variable WP.

- Crecimiento Bacteriano y Comparación con Estándares AOAC: El crecimiento bacteriano en relación con el tiempo de conservación del filete apenas experimentó variaciones desde el inicio de la siembra, es decir, al día cero, manteniendo un promedio de 1037 UFC/Gramo de muestra. La comparación de los resultados con los estándares AOAC para crecimiento bacteriano en alimentos, según la FAO, reveló que los límites establecidos en este estudio fueron de 1 × 10^3 y 1 x 10^4 UFC/Gramo, a diferencia de los 5 × 10^5 y 1 x 10^7 UFC/Gramo sugeridos para que el músculo del filete sea apto para el consumo humano.
- Técnica Sugerida para Medir Aerobios Mesófilos: Se propone la siguiente técnica, fundamentada en la empleada por The International Commission (1996) y basada en la ICMSF (1986).
- Determinación del Tiempo de Vida Útil y Recomendaciones: La determinación del tiempo de vida útil máximo para que el filete sea apto para el consumo humano se basó en el número de aerobios mesófilos, estableciendo este periodo en 15 días. Los resultados sugieren que el número de aerobios mesófilos puede ser considerado como un indicador válido para determinar el tiempo de vida útil de los filetes, eliminando la necesidad de realizar pruebas organolépticas, las cuales tienden a ser imprecisas.

Referencias

Buitrago, L. C., Chila, A. T., Guzmán, J. T., & Jaramillo, G. J. (2021). *Estudio sobre la optimización de la producción de tilapia en Colombia para fomentar su exportación a EEUU* [Thesis, Negocios Internacionales]. https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/2907

Carrillo, E. (2023). Feasibility study for the implementation and definition of commercialization channels: Red tilapia in the sucua canton province of Morona Santiago. *Russian Law Journal*, *11*(7s), Article 7s. https://doi.org/10.52783/rlj.v11i7s.1073

Cerquera, Ó. H., Gómez, C. F., & Arias, C. J. (2021). Competitividad de las exportaciones de Tilapia en el Huila. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, *26*(Extra 5), 596-613.

Chitambo, B., Munyeme, M., & Hang'ombe, B. (2023). Identifying Bacteria with Public Health Significance from Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Zambia. *International Journal of Microbiology, 2023*, e6650378. https://doi.org/10.1155/2023/6650378

Cornejo-Huerta, J. Y., Marín-Ramos, E. A., Pérez-Díaz, D. L. M., Kassis, E., Contreras-Mioni, D. L., & Rodríguez-Soria, D. V. (2023). *Contaminación por Bacterias Patógenas en Tilapia (Oreochromis spp) en Mercados y Supermercados de la Ciudad de Puebla*. *3*(1).

Cortés-Sánchez, A. D. J., Espinosa-Chaurand, L. D., Díaz-Ramirez, M., & Torres-Ochoa, E. (2021). *Plesiomonas*: A Review on Food Safety, Fish-Borne Diseases, and Tilapia. *The Scientific World Journal*, *2021*, e3119958. https://doi.org/10.1155/2021/3119958

Cortés-Sánchez, A. D. J., Espinosa-Chaurand, L. D., Garcia-Barrientos, R., & Martin-Azocar, A. L. S. (2021). Fish, Tilapia, and Shigellosis: A review. *African Journal of Agricultural Research*, *17*(4), 498-512. https://doi.org/10.5897/AJAR2021.15436

Dulce, J. J., Calderón, C. A., & Becerra Rivera, J. C. (2023). *Estandarización de los tiempos de producción de los lomitos de tilapia en una empresa pesquera*. https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/1746

El-Sayed, A.-F. M., & Fitzsimmons, K. (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. *Reviews in Aquaculture*, *15*(S1), 6-21. https://doi.org/10.1111/raq.12738

Engle, C. R., van Senten, J., Clark, C., & Boldt, N. (2023). Has the Regulatory Compliance Burden Reduced Competitiveness of the U.S. Tilapia Industry? *Fishes*, *8*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/fishes8030151

Ferreira, G., & Thiex, N. (2023). Symposium review: Fiber and in vitro methods, analytical variation, and contributions to feed analysis. *Journal of Dairy Science*, *106*(6), 4464-4469. https://doi.org/10.3168/jds.2022-22407

Gallego, J. G., & Gallego, G. A. (2022). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa exportadora de filete de tilapia roja desde el distrito especial, industrial, portuario, biodiverso y ecoturístico de Buenaventura hacia Estados*

Unidos. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/0e3b3bca-a300-4501-9205-3e7b17f9044d

Haenen, O. L. M., Dong, H. T., Hoai, T. D., Crumlish, M., Karunasagar, I., Barkham, T., Chen, S. L., Zadoks, R., Kiermeier, A., Wang, B., Gamarro, E. G., Takeuchi, M., Azmai, M. N. A., Fouz, B., Pakingking Jr., R., Wei, Z. W., & Bondad-Reantaso, M. G. (2023). Bacterial diseases of tilapia, their zoonotic potential and risk of antimicrobial resistance. *Reviews in Aquaculture*, *15*(S1), 154-185. https://doi.org/10.1111/raq.12743

ICMSF. (1983). *Microorganismos de los alimentos: Técnicas de análisis microbilógico*. Acribia, Editorial, S.A.

Jaramillo-Vargas, M. I., Salinas-Ordoñez, G. del P., Carpio-Ayala, C. R., Sáenz-Figueroa, G. I., & Ortega-Pesantez, Z. M. (2021). Dinámica del mercado de tilapia empacada y fileteada en la provincia de Zamora Chinchipe. *Polo del Conocimiento*, *6*(7), Article 7. https://doi.org/10.23857/pc.v6i7.2874

Lerma-Fierro, A., KFlores-López, M., Guzmán-Robles, M., & Cortés-Sánchez, A. D. (2020). Microbiological evaluation of minimally processed and marketed fish in popular market of the city of Tepic Nayarit, Mexico Sanitary quality of tilapia (Oreochromis niloticus). *Tropicultura*. https://doi.org/10.25518/2295-8010.1556

Pigłowski, M. (2023). Hazards in Seafood Notified in the Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) in 1996–2020. *Water*, *15*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/w15030548

Ruiz, M. A. (2023). *Efecto de tres métodos de conservación en filetes de Tilapia (Oreochromis niloticus)*. https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3118

Sherif, A., & Abuleila, R. (2022). Prevalence of Some Pathogenic Bacteria in Caged-Nile Tilapia (Oreochromis Niloticus) and their Possible Treatment. *Jordan Journal of Biological Sciences*, *15*, 239-247. https://doi.org/10.54319/jjbs/150211

Sherif, A. H., & Kassab, A. S. (2023). Multidrug-resistant Aeromonas bacteria prevalence in Nile tilapia broodstock. *BMC Microbiology*, *23*(1), 80. https://doi.org/10.1186/s12866-023-02827-8

Shinn, A. P., Avenant-Oldewage, A., Bondad-Reantaso, M. G., Cruz-Laufer, A. J., García-Vásquez, A., Hernández-Orts, J. S., Kuchta, R., Longshaw, M., Metselaar, M., Pariselle, A., Pérez-Ponce de León, G., Pradhan, P. K., Rubio-Godoy, M., Sood, N., Vanhove, M. P. M., & Deveney, M. R. (2023). A global review of problematic and pathogenic parasites of farmed tilapia. *Reviews in Aquaculture*, *15*(S1), 92-153. https://doi.org/10.1111/raq.12742

Soudah, B., Toï, N., Essossinam, A., Noumonzeme, B., Bignoate, K., Yao, L., & Omasaki, S. K. (2023). Prevalence and co-infections of pathogenic bacteria in Nile tilapia broodstock farms: Implications for aquaculture management in Togo. *Environmental Monitoring and Assessment*, *195*(9), 1086. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11718-4

Xiong, W., Guo, C., Gozlan, R. E., & Liu, J. (2023). Tilapia introduction in China: Economic boom in aquaculture versus ecological threats to ecosystems. *Reviews in Aquaculture*, *15*(1), 179-197. https://doi.org/10.1111/raq.12710