
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINI

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD
FISICOQUÍMICA DEL FILETE DE *Oreochromis niloticus* L. CULTIVADA A
PEQUEÑA ESCALA**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA:

Br. ALONDRA YARITHZA SÁNCHEZ MÁRQUEZ

DIRECTOR

M. en C. EMMANUEL DE JESÚS CHI GUTIÉRREZ

CO-DIRECTOR:

DR. RODRIGO PORTILLO SALGADO

Calkiní, Campeche, México 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **06/03/2025**
P/03/25/603

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. ALONDRA YARITHZA SÁNCHEZ MÁRQUEZ 7353
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director M. EN C. EMMANUEL DE JESÚS CHI GUTIERREZ, y el co-director DR. RORIGO PORTILLO SALGADO, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL FILETE DE OREOCHROMIS NILOTICUS L. CULTIVADA A PEQUEÑA ESCALA"**.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de fuerza, sabiduría e inteligencia, quien me ha guiado en cada paso de este camino académico.

A mis padres, por su amor incondicional y los innumerables esfuerzos que han hecho para apoyarme.

A mi querida abuela, Epifanía Velasco, quien ha estado presente desde el inicio de mi carrera, creyendo en mí y brindándome un ejemplo invaluable de fortaleza y bondad.

A mi tía María Magdalena, por su generosidad y por acompañar a mi madre en los inicios de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme vida, sabiduría e inteligencia.

A mis padres, a quienes agradezco infinitamente su apoyo incondicional, paciencia, educación y valores forjados, así como el brindarme palabras de aliento cuando fue necesario, por esto y más gracias. De igual forma agradezco a mi hermana por estar presente y apoyarme en cada paso dado para cumplir mis metas. A mi abuela Gloria Priego por ayudarme con sus palabras de aliento y motivación.

Al M.C. Emmanuel de Jesús Chi Gutiérrez, un sincero agradecimiento, por darme la oportunidad de trabajar bajo su dirección, por su apoyo y sobre todo por los conocimientos transmitidos durante el desarrollo de este proyecto. De igual forma al Dr. Rodrigo Portillo Salgado estoy enormemente agradecida por compartir sus conocimientos, sobre todo por su apoyo en todo momento; asimismo, por tenerme mucha paciencia y guiarme tanto en la parte experimental como en la escritura.

A todos los profesores (as) que fueron parte importante en cada etapa de mi formación profesional.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE ACUÍCOLA EN EL MUNDO.....	3
2.2 CULTIVO DE TILAPIA ACUICULTURA EN MÉXICO	3
2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA ACUICULTURA EN LA REGIÓN	4
2.4 ESPECIES ACUÍCOLAS MÁS CULTIVADAS EN CAMPECHE.....	5
2.5 PROBLEMAS ENFRENTADOS POR LA ACUICULTURA EN EL ESTADO DE CAMPECHE. ..	6
2.6 <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> L: ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	7
2.8 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA	8
2.9 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA TILAPIA	9
2.10 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA TILAPIA.....	11
2.11 VALOR COMERCIAL Y CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA ACUÍCOLA.....	12
2.12 IMPORTANCIA NUTRIMENTAL DE LA TILAPIA	12
2.13 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICA DE LA CARNE DE TILAPIA	13
2.13.1 PH DEL MÚSCULO	13
2.13.2 COLOR CIELAB.....	13
2.13.3 GRASA	15
2.13.4 PROTEÍNA	16
2.13.5 HUMEDAD Y A_w	16
2.13.6 CENIZAS (MINERALES).....	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1 OBJETIVO GENERAL	19
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	20

5.2 MEDIDAS CORPORALES EN TILAPIA	21
5.3 CARACTERÍSTICAS DEL SACRIFICIO DE LA CANAL	22
5.4 ANÁLISIS FISIOQUÍMICOS.....	23
5.4.1 MEDICIÓN DEL PH.....	23
5.4.2 MEDICIÓN DEL COLOR	23
5.4.3 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	24
5.4.4 DETERMINACIÓN DE CENIZAS	24
5.4.5 PROTEÍNAS	25
5.4.6 GRASAS.....	26
5.4.7 ACTIVIDAD DE AGUA (A_w)	27
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
6.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	28
6.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE CALIDAD EN EL FILETE DE TILAPIA	30
6.2.1 HUMEDAD	30
6.2.2 PROTEÍNA CRUDA	31
6.2.3 GRASA	31
6.2.4 ACTIVIDAD DE AGUA.....	32
6.2.5 CENIZAS	33
6.2.6 PH	34
6.2.7 COLOR DE LA PIEL	35
6.2.8 COLOR DEL FILETE.....	35
7. CONCLUSIONES	37
8. BIBLIOGRAFÍA	38

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE TILAPIA EN MÉXICO (SIAP, 2020)....	4
TABLA 2. TAXONOMÍA DE LA TILAPIA DEL NILO (<i>O.NILOTICUS</i>)	8
TABLA 3. PRINCIPALES CONSTITUYENTES NUTRICIONALES DEL MÚSCULO DE PESCADO. .	13
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA TILAPIA DEL NILO (<i>OREOCHROMIS</i> <i>NILOTICUS</i> L.).	29
TABLA 5. PARÁMETROS DE CALIDAD DE FILETE DE TILAPIA DEL NILO (<i>OREOCHROMIS</i> <i>NILOTICUS</i> L.),	34
TABLA 7. PARÁMETROS DE COLOR DE PIEL DE LA TILAPIA NILO	35
TABLA 8. PARÁMETROS DE COLOR DEL FILETE DE LA TILAPIA NILO	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPECIES MARINAS DE INTERÉS COMERCIAL EN LA ACUICULTURA EN CAMPECHE	6
FIGURA 2 MORFOLOGÍA DE LA TILAPIA.	9
FIGURA 3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EXTERNAS DEL DIMORFISMO SEXUAL DE O. NILOTICUS. FUENTE: REYES-TRIGUEROS ET AL., (2023).	10
FIGURA 4 COORDENADAS DE COLOR EN EL SISTEMA HUNDER LAB.	14
FIGURA 5 CONDICIONES DEL ESTANQUE DE LA GRANJA KICHPAN-KAY UBICADA EN TEPAKAN, CALKINÍ, CAMPECHE. (FOTO: ALONDRA YARITHZA SÁNCHEZ MÁRQUEZ)	21
FIGURA 6 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS MEDIDAS MORFOMÉTRICAS TOMADAS EN TILAPIA DEL NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS L.). LOT: LONGITUD TOTAL; LOS: LONGITUD ESTÁNDAR; ANC: ANCHO CORPORAL; PEC: PERÍMETRO CORPORAL; ALC: ALTURA CORPORAL, LOC; LONGITUD DE LA CABEZA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	22

RESUMEN

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es un pez de agua dulce originario de África y el Cercano Oriente. En México, fue introducida en 1964 desde EE. UU. y se cultivó en diversas regiones debido a su gran adaptabilidad a distintos ambientes, incluyendo aguas con bajos niveles de oxígeno, dulces o saladas. El objetivo de este estudio fue evaluar las características morfométricas y de la canal, así como la calidad fisicoquímica del filete de la tilapia cultivada a pequeña escala en tepakán, Calkiní, Campeche. Para determinar la utilidad de las medidas corporales en la predicción del peso corporal (PC) y el peso del filete y la canal de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), se analizaron un total de treinta y seis especímenes adultos de tilapia macho de 6 meses de edad. Los peces fueron sacrificados y pesados individualmente utilizando una balanza electrónica. Se registraron seis medidas corporales lineales: longitud total (LOT), longitud estándar (LOS), ancho corporal (ANC), perímetro corporal (PEC), altura corporal (ALC) y longitud de la cabeza (LOC). Asimismo, los peces fueron procesados para determinar el peso de la canal (PCN), peso de las vísceras (PV), peso de la cabeza (PCA), peso del filete (PF), peso de la columna vertebral (PCO) así como los rendimientos de la canal (RCA) y del filete (RFI). Como resultados, los valores medios de PC, las mediciones corporales lineales y las características de la canal exhibieron una variabilidad baja a moderada, variando de 3.66 % para PEC a 26.74 % para PCA. De igual manera se evaluó la calidad fisicoquímica del filete de la tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Se realizaron los análisis fisicoquímicos siguientes: Humedad, Cenizas, Proteína cruda, Grasa, a_w y pH, utilizando los métodos establecidos para pruebas de calidad para filete de tilapia por la AOAC. Los resultados obtenidos en las muestras fueron: Humedad 77.66 %, Cenizas 0.99 %, Proteína cruda 17.49 %, grasa cruda 1.24 %, a_w 0.94, pH 6.71 y rendimiento de filete de 35.91 ± 2.47 %. Estos valores son similares a los reportados por otros autores para tilapia del Nilo, cultivada en otras regiones, por lo que se puede concluir que esta especie está adaptada a las condiciones de cultivo de la granja Kichpan-Kay.

1. INTRODUCCIÓN

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L) es una especie acuícola de origen africano ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se encuentra adaptada a diversas condiciones ambientales, así como aguas dulces y salobres con bajos niveles de oxígeno, por lo que ha ganado importancia económica en los últimos años debido a sus cualidades productivas como rápido crecimiento (Baltazar et al., 2007). En el año 2020 se reportó una producción de tilapia de 72,595.06 toneladas lo que representó un valor económico de 2,066.43 millones de pesos. A nivel nacional, los estados con mayor producción de tilapia son Jalisco, 8 mil 178.08 ton; Chiapas, 30 mil 912.11 ton; Nayarit, 7 mil 618. 05 ton y Sinaloa, 7 mil 439. 89 (SIAP, 2020).

Según datos del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, la distribución tan generalizada del cultivo de tilapia se debe a la adaptación de la especie en los microclimas propios del estado, lo cual ha permitido un excelente desarrollo en diversas salinidades en varios municipios del estado, por ende, del país. Además, la tilapia es una especie que ha sido posible cultivarla en diversos entornos, tanto en jaulas, como en estanques, diques y presas del estado (CESASIN, 2018).

Las características más convenientes de la tilapia la convierten en una especie con amplio potencial en la acuicultura debido a su gran resistencia física, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, alta tasa productiva, tolerancia a condiciones de alta densidad de agua, habilidad de sobrevivir a bajas concentraciones de oxígenos y aguas con amplio rango de salinidad. También tiene la capacidad de alimentarse tanto de alimentos naturales como artificiales. En cuanto a la carne, se caracteriza por ser de alta calidad, con agradable textura y poco número de espinas (Jaimes et al., 2015).

Por otra parte, en cuanto a la producción, las características morfométricas como la longitud total y estándar han sido utilizadas en evaluaciones de la respuesta en la crianza tanto en ambientes naturales como en cautiverio. Se ha reportado que las variaciones en estas medidas morfométricas pueden ser consideradas como

indicadores del estado de nutrición y bienestar en los animales, así como de adaptabilidad en el medio de crianza (Carrillo et al., 2014).

Así mismo, los parámetros fisicoquímicos del filete de tilapia cumplen un papel fundamental para la determinación de ciertas características, garantizando la calidad, seguridad del consumidor y el productor. Considerando lo descrito anteriormente, la presente investigación tiene como objetivo evaluar las características morfométricas y de la canal, así como determinar la composición fisicoquímica del filete de la tilapia (*O. niloticus*) cultivada en pequeña escala en el municipio de Calkiní, Campeche.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación actual de la producción de acuícola en el mundo

En los últimos años, se ha observado un crecimiento acelerado de la producción acuícola en todo el mundo. En el año 2020, la producción acuícola mundial fue de 54.4 millones de toneladas, que representó el 44.4% de la producción acuícola total mundial de especies de animales y algas. Se espera que para el año 2030 la producción acuícola aumente aproximadamente un 13% (SIAP, 2022).

En México, las principales especies acuícolas son el camarón con una producción de 261 mil 958 toneladas y la mojarra con 101 mil 749 toneladas, mientras que los principales estados productores acuícolas son Sinaloa y Nayarit (SIAP, 2022). En el estado de Campeche se cultivan diversas especies acuícolas, en las que destaca el camarón con un valor total de 282 millones de pesos. De esta producción, 276 toneladas corresponden a la actividad acuícola y 4,846 toneladas de extracción marina (FAO, 2021).

2.2 Cultivo de Tilapia Acuicultura en México

La tilapia es una especie acuícola de origen africano que fue introducido en México desde 1964. Actualmente, se cultivan diversas especies para el consumo humano, tanto en granjas acuícolas, de tipo extensivo como semi-intensivo e intensivo, diferenciadas por la densidad de siembra, suministro de alimento e insumos. En particular, la tilapia ha resultado ser un importante componente para la economía de algunas regiones de México, siendo el noveno productor de tilapia a nivel mundial, lo que representó para el país el 91 % de la producción de tilapia en México. En el año 2020 la Dirección General de planeación, Programación y Evaluación de la CONAPESCA reportó una producción total de tilapia de 72,595.06 toneladas. Para las 29 entidades federativas, este volumen de producción significó un valor económico de 2,066.43 millones de pesos. Así mismo, se cultiva en 31 estados de la República Mexicana, siendo Jalisco, Chiapas, Nayarit y Sinaloa los mayores productores (SIAP, 2020).

En el país existen relativamente 255,000 pescadores y acuicultores. Si se suman los empleos indirectos asociados a ambos sectores, esta cifra incrementa por un factor de tres (Martínez et al., 2018).

Tabla 1. Principales estados productores de tilapia en México (SIAP, 2020).

Estado	Producción (ton)
Chiapas	30 mil 912.11
Jalisco	8 mil 178.08
Nayarit	7 mil 618. 05
Sinaloa	7 mil 439. 89

2.3 Importancia económica y social de la acuicultura en la región

En Yucatán, la CONAPESCA informó que existen cuatro unidades acuícolas dedicadas a las crías de tilapia en municipios como: Baca, Poxilá, Tetíz y Sanahcat. Este último destaca por aportar el 63 % de la producción total. En 2020, estas unidades generaron en conjunto dos millones 23 mil 950 crías, con un valor estimado de un millón 550 mil pesos, las cuales se comercializan principalmente en la Riviera Maya y en el estado de Veracruz (SIAP, 2020). La acuicultura en la región se orienta a la producción de tilapia para el autoconsumo o venta local, generalmente carece de uno o más recursos para su autosuficiencia productiva. Debido a esto, esta actividad incluye muchos agricultores familiares que practican la acuicultura como actividad complementaria (Martínez et al., 2018).

En la localidad de Tepakán municipio de Calkiní, Campeche hay diversas granjas de tilapia. Sin embargo, por ser una actividad acuícola poco común, los productores desconocen muchos aspectos técnicos y productivos del cultivo, incluidos aquellos relacionados con el manejo de los animales. Además, el cultivo de la tilapia actualmente enfrenta ciertos problemas como la degradación del ambiente y la contaminación de las aguas dulces y sistemas artificiales. Estos factores amenazan constantemente a la producción acuícola de la región. Debido a la falta de

conocimiento en la producción de la tilapia, existen diversos problemas que conllevan a pérdidas en producción dando como resultado pérdidas económicas (Lara-Flores et al., 2013). Se han identificado factores clave que deben cuidarse para garantizar la obtención de canales de tilapia Nilótica (*O. niloticus*) de calidad para el consumidor. Hasta ahora no se han realizado estudios específicos sobre esta especie adaptada en la región, los cuales podrían proporcionar información valiosa sobre su desempeño en las condiciones agroambientales del estado de Campeche, sureste de México. Además, estos estudios serían fundamentales para documentar variaciones morfológicas y enriquecer los datos fisicoquímicos relacionados con la calidad del filete de la especie.

2.4 Especies acuícolas más cultivadas en Campeche

En el estado de Campeche se cultivan diversas especies acuícolas, dentro de las cuales destaca el camarón con un valor total de 282 millones de pesos. De esta producción, 276 toneladas provienen de la actividad acuícola y 4,846 toneladas de la extracción marina, incluyendo a la pesquería industrial de camarón rosado y la pesquería de costera del camarón siete bárbas. De igual manera, por volumen, el camarón ocupó el quinto lugar de producción en el estado de campeche con 7%, después del pulpo con un 22%, caracol con 13%, jurel con 12% y la jaiba con 10% (FAO, 2021).

Dado que se practica la actividad acuícola, hay algunas granjas en campeche, por ejemplo, la granja “Mayaqua, S.A. de C.V.” cuenta con un área de 82 hectáreas y son abastecidas con tuberías dentro del mar. “Mari cultivos del Golfo S.A. de C.V.”, que se encuentra ubicada en Ensenada, Lerma, municipio de Campeche, “Región costa”, que es una sucursal que se enfocó en la cría de corvina roja. Asimismo, en el Instituto Tecnológico de Lerma ubicado en el km. 10 de la carretera federal Campeche-Champotón en el poblado de Lerma, Campeche. El programa educativo de Ingeniería en Acuicultura ha desarrollado diferentes proyectos para conocimientos de los estudiantes, como es el cultivo larvario de camarón rosado (*Farfantepenaeus duorarum*), cultivo larvario de camarón blanco del pacifico

(*Litopenaeus vannamei*) y el cultivo de pepino de mar (*Holothuria floridana*) en Isla Arena, Calkiní, Campeche (Arzabala-Molina et al., 2022).

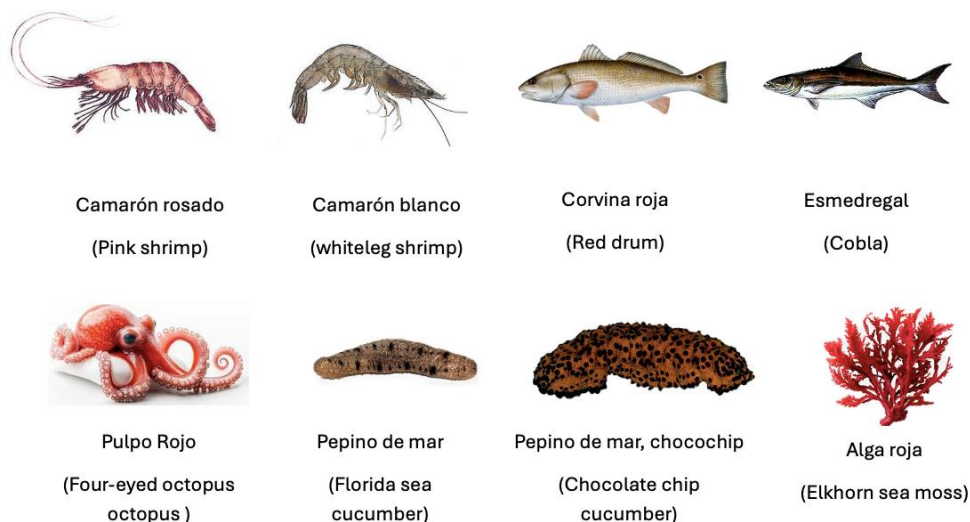


FIGURA 1. Especies marinas de interés comercial en la acuicultura en Campeche

Fuente: Arzabala-Molina et al., (2022)

2.5 Problemas enfrentados por la acuicultura en el estado de Campeche.

Hoy en día, la acuicultura se ha regido como una actividad económica que aporta esencialmente a la alimentación de muchas comunidades del mundo, siendo una alternativa para el consumo humano. En esta actividad destaca el cultivo de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*). Sin embargo, la falta de conocimiento por parte de los productores de tilapia sobre los límites máximos de producción, tales como la degradación del ambiente, la contaminación de las aguas dulces y sistemas artificiales representa una amenaza para la acuicultura. También, la falta de conocimiento técnicos en la producción de la tilapia conlleva a perdidas de la producción, repercutiendo en pérdidas económicas en la acuicultura en general. En este sentido, en el municipio de Champotón, situado en la zona centro del estado de campeche, se estudiaron diferentes granjas con tres líneas genéticas de la

especie *O. niloticus* con la finalidad de evaluar la prevalencia de *Mycobacterium* spp. De acuerdo con Lara-Flores et al., (2013), del total de organismos analizados, el 78.2% presentaron una o más lesiones que pudieron estar asociados a infecciones bacterianas, donde el 29.3% corresponde a la granja Canasayab, el 27.5% a la granja Santa Cruz de Rovira y el 21.3% constituye a la granja El Zapote.

2.6 *Oreochromis niloticus* L: Origen y distribución

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez de agua dulce originario de África y el Cercano Oriente. Debido a su facilidad de desarrollo y adaptabilidad, a principios del XIX se inicia con la crianza de estos peces, especialmente en el Congo Belga, África. Después de ello, en el año 1924 se expande su cultivo en Kenia. Pero fue en Malasia donde se obtuvo los mejores resultados y se inició un progresivo cultivo en diferentes partes del mundo (Baltazar et al., 2007).

De acuerdo con Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA (2018), en México fue introducida en 1964 proveniente de los Estados Unidos de América, dado a eso fue reproducida en diferentes partes del país. Esta especie ha sido muy popular en el caso de cultivo ya que muestra facilidad de adaptarse en diferentes ámbitos como en aguas pocas oxigenadas, dulces o saladas (Reyes-Trigueros et al., 2023).

2.7 Características de importancia de la tilapia

La tilapia tiene una cualidad muy destacable, dado que tiene un crecimiento rápido, alta capacidad de reproducirse y se adapta a condiciones adversas de cautiverio, así como a altas densidades de cultivo. Así mismo, proporciona carne de alta calidad nutricional, con un buen sabor, pocas espinas y de precio accesible. Usualmente se encuentra en lugares donde la temperatura puede variar entre los 31 a 36 °C. Sin embargo, es posible de aumentar su cultivo en condiciones de entre 20 a 30 °C, pero no a temperaturas menores a 15 °C o superiores a los 40 °C, ya que pueden dejar de crecer o incluso morir. Por otra parte, las causas que influyen

en la supervivencia de la tilapia es el pH del agua, en donde puede ser excelente para la especie si se encuentra en un intervalo de valor de pH 7.0 y 8.0; Por el contrario, un pH que sea igual o menor a 5.0 podría producir un ambiente nocivo para los peces (INAPESCA, 2018).

Con respecto al oxígeno disuelto en agua, los valores correctos están en un intervalo de 5 a 6 mg/L, mientras que entre 2 y 3 mg/L pueden afectar su crecimiento y valores menores de oxígeno disuelto en el agua pueden causar la muerte. En tanto para la turbidez del agua se aconseja mantener una visibilidad a los 30 cm de profundidad. Ahora bien, su crecimiento es rápido llegando a pesar entre 500 y 680 g de seis a nueve meses, según el sistema de cultivo empleado (Reyes-Trigueros et al., 2023).

2.8 Descripción taxonómica

En la Tabla 2, se presenta la descripción taxonómica de la tilapia del Nilo, lo cual permite conocer su clasificación científica y su relación con otras especies de la familia Cichidae.

Tabla 2. Taxonomía de la tilapia del Nilo (*O.niloticus*)

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>niloticus</i>
Nombre común	Tilapia del Nilo

Fuente: (Barrera-García et al., 2023).

2.9 Características morfológicas y fisiológicas de la tilapia

La tilapia presenta un solo orificio nasal por cada lado de la cabeza, que permite la entrada de oxígeno. El cuerpo usualmente es alargado y angosto. La boca es pequeña comúnmente ancha, muchas veces bordeada por labios gruesos; las mandíbulas exhiben dientes cónicos y a veces tienen dientes incisivos. Por su desplazamiento de un lugar a otro presentan aletas pares e impares; las aletas pares las forman los pectorales y las ventrales. En cuanto a las impares incluyen las dorsales, caudal y anal. Se compone de varias espinas; sus aletas de la parte superior del pez se presentan de forma de cresta. La aleta caudal tiende a tener forma de un círculo a la mitad (Valdez-Espinoza et al., 2019).

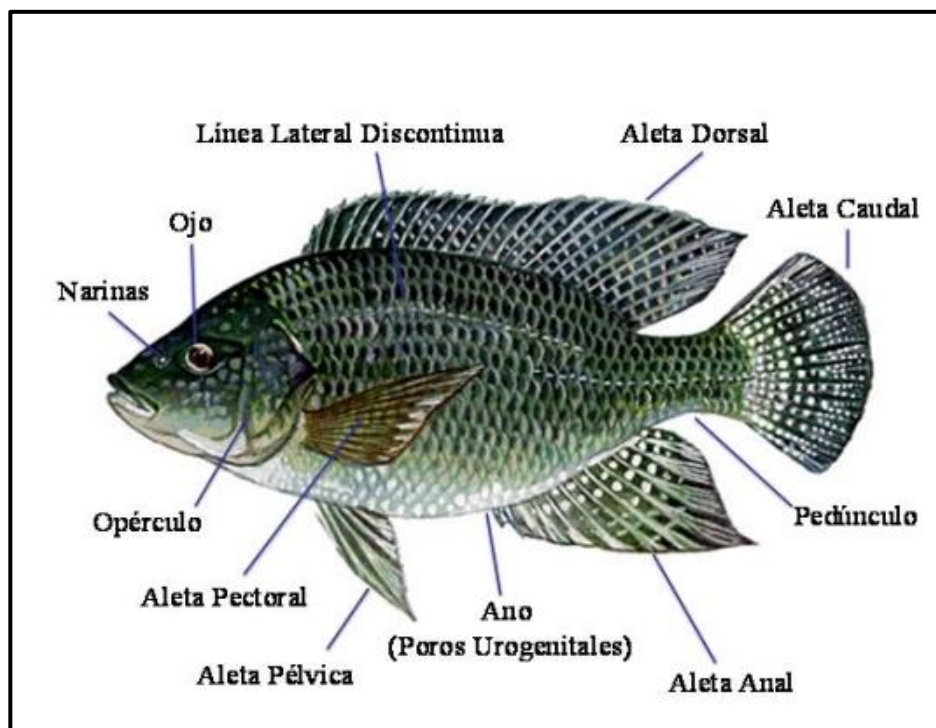


FIGURA 2 Morfología de la tilapia.

FUENTE: BASUALDO-RAMÍREZ ET AL. (2012).

Las características morfológicas y fisiológicas nos ayudaran para poder diferenciar las partes del esqueleto de la hembra y el macho. Por ejemplo, en el caso en la

apariencia sexual, los machos tienen dos orificios ubicados en la zona caudal que se componen del ano y el orificio urogenital, a comparación de la hembra que tiene tres orificios cerca de la zona caudal, estos serían el ano, el poro genital y el orificio excretor de la orina. En cambio, en los machos el orificio es más pequeño y en las hembras es microscópico. Una buena manera de comparar los géneros sexuales de las tilapias se basa en poder identificar en la hembra el poro genital, donde se encuentra situado en una hendidura, ubicada de una manera vertical al eje del cuerpo.

Acerca de la madurez sexual se ha registrado a una edad de cinco a seis meses, de igual forma está relacionado con el peso; se conoce que la madurez sexual en la tilapia puede ser alcanzada desde los 30 g, en un intervalo de dos a cuatro meses, a menos que las condiciones ambientales sean favorables (Reyes-Trigueros et al., 2023).

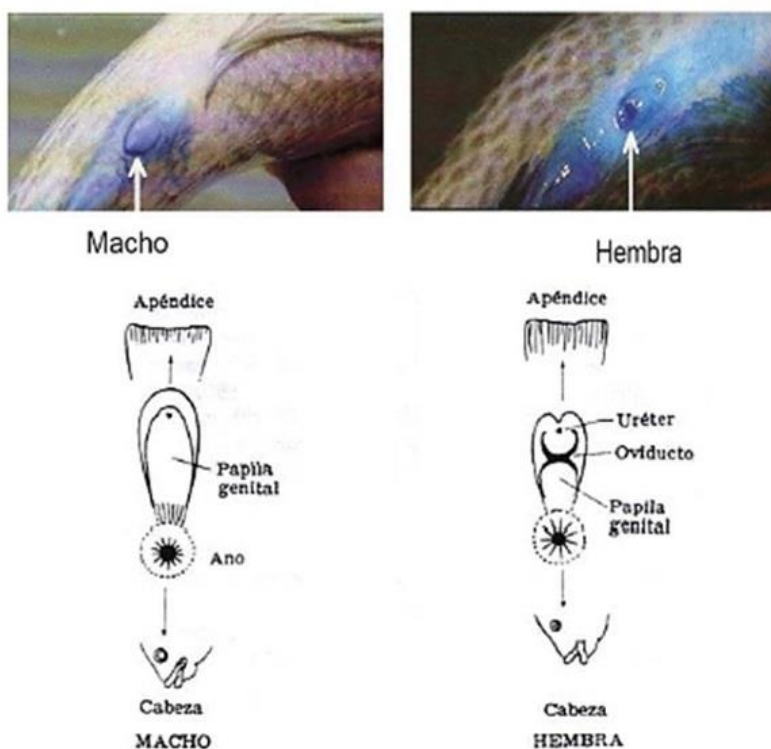


FIGURA 3 Características morfológicas externas del dimorfismo sexual de *O. niloticus*. Fuente: Reyes-Trigueros et al., (2023).

Por otra parte, las hembras justamente llegado a la talla para su madurez pueden hacer el depósito de huevecillos de ocho a 12 veces por año, a menos que la temperatura y las condiciones no lo permitan (INAPESCA., 2018). El depósito usualmente sucede cuando la temperatura llega relativamente a los 24 °C. Por el contrario, la reproducción en ambientes naturales se realiza cuando el macho toma primero un área y crea un hoyo en forma de boquete para construir su nido. Después de logrado esta etapa se dedica a cuidar el nido, hasta que la hebra llega a desovar, para que el macho fertilice los huevos depositados por la hembra. Posteriormente, la hembra aloja los huevecillos dentro en su boca (incubación bocal) para que después se vaya con ellos (Reyes-Trigueros et al., 2023).

2.10 Importancia económica de la tilapia

De acuerdo con Huerta (2021), en México el apoyo que tiene la acuicultura ha aumentado durante los últimos años. El monto de financiamiento en el año 2006 fue de \$ 834,071.00 MXP mientras que más alto fue en el año 2018 con un monto de \$ 1,987,901.00 MXP (CONAPESCA, 2018). De tal forma puede influenciar el crecimiento de la producción y al mismo tiempo el consumo de *O. niloticus*. La tilapia necesita una alimentación balanceada para que tenga un valor nutrimental satisfactorio para el consumidor. Para ello, se necesita una dieta estricta, que el alimento que se le otorga a las tilapias sea de buena calidad. Según estudios realizados para la producción de la tilapia se requiere de 184 millones de toneladas de alimento (Huerta (2021)). El alimento que usualmente utiliza los acuicultores es la harina de pescado que se obtiene de los subproductos pesqueros. Además, se considera que para el 2025 se necesitarán 34,4 millones de toneladas de alimento acuícola, y se buscaría una alternativa de proteínas para alimentar las tilapias. A medida que la acuicultura crece cada vez más y se hace más eficiente, se presenta una gran oportunidad para aprovechar mejor los recursos que se generan en este proceso. Como ejemplo sería el incremento de la sostenibilidad ambiental, ventajas económicas y sociales a través del aprovechamiento de residuos y crear puestos de trabajo de los procesos a futuro (Hua et al., 2019).

2.11 Valor comercial y contribución a la economía acuícola

La acuicultura mexicana ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años. Entre 2013 y 2018, su valor se ha triplicado, alcanzando los \$ 16,000 millones de pesos (Vázquez-Vera et al., 2022). El precio del kilo de la tilapia puede variar dependiendo del lugar donde se adquiera. En marzo del 2012, el precio de la tilapia de porción pequeña costaba \$ 36.56, mientras las de porción más grande costaban \$ 41.65. Actualmente, el precio de la tilapia en las granjas del estado de Campeche es de aproximadamente \$ 100.00 por kilo. Si se adquiere sin escamas y sin vísceras, el costo aumenta. En México, es común consumir pescados y mariscos como alternativa a las carnes rojas, especialmente durante la temporada de Semana Santa, generando de esta manera un impacto positivo en la economía de los productores acuícolas durante esta temporada (Sharai-Abaroa, 2012).

2.12 Importancia nutrimental de la tilapia

El pescado tiene un valor nutritivo muy particular, contiene proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales. Estos nutrientes, presentan cambios que dependen principalmente del momento biológico y del estado de nutrición al instante de su captura. El componente principal de la carne de *O. niloticus* es agua (66-80%), proteína (15-28%) y grasa (0.2-2.5%). Así mismo, la cantidad de carbohidratos es mínima (0.5%). Es rica en proteínas de alta calidad, que son fundamentales para el crecimiento y la reconstrucción de los músculos. También, contiene ácidos grasos omega 3, que son saludables para el corazón (Aguirre-Arana et al., 2015).

Tabla 3. Principales constituyentes nutricionales del músculo de pescado.

Componente	Proporción (%)
Agua	70-80
Proteína	15-22
Grasa Total	1-2
Carbohidratos totales	0-0.5
Sales minerales, fosforo, sodio, calcio y yodo	0.1-1
Vitaminas	A, B, D Y E*
*Tipos de vitaminas	Fuente: FAO (2014).

2.13 Características fisicoquímica de la carne de tilapia

2.13.1 pH del músculo

El pH es un factor que se utiliza para percibir la vida útil de la carne de pescado, ya que está relacionado con las reacciones químicas y biológicas que ocurre en la carne. Dado que hay bacterias que crecen mejor en ambientes con pH bajo y algunas necesitan un pH alto para sobrevivir. De igual forma influye en la frescura de la carne e indica la calidad del pescado. Este indicador es uno de los más utilizados al momento de monitorear la calidad y frescura de productos de origen acuícola, el valor común que debería de tener la tilapia fresca es de $\text{pH } 6.83 \pm 0.03$ (Rodríguez Vizcaíno et al., 2017).

2.13.2 Color CIELab

El color es uno de los factores que contribuye en la aceptación del consumidor y en la decisión de la compra, está relacionado con la proteína mioglobina, que da color a la carne (Mamani-Linares et al., 2014).

Los procesos oxidativos conocidos como auto oxidación son reacciones en las que solamente participan el oxígeno y los lípidos insaturados, que provocan una coloración marrón y amarilla en el músculo del pescado. La oxidación puede ser iniciada y acelerada por el calor, la luz (en especial la luz UV) y varias sustancias orgánicas e inorgánicas como por ejemplo el Cu y Fe. Por tanto, los cambios en los lípidos en la carne de pescado son un parámetro muy importante que estudiar, pues sus ácidos grasos son altamente insaturados, haciéndose susceptibles al ataque por el oxígeno, produciendo rancidez y reduciendo el período de almacenamiento y aceptabilidad de los productos elaborados a partir de esta materia prima (Gamez-Villazana et al., 2021).

Aunque la cantidad de pigmentos varia depende de la especie. El color se mide con el sistema Hunter Lab, para poder determinar el color de la carne de la tilapia, usualmente los valores L^* , a^* y b^* , estos se utilizan para medir la refracción espectral. Así mismo, que se correlacione con la evaluación visual e indican respectivamente la luminosidad, retención del rojo y de amarillo. A partir de los dos últimos valores se obtienen adicionalmente el valor Croma (C^*) que es una medida de saturación que indican la pureza del color, así como el ángulo de Hue (h^*) que mide la proporción de rojo o amarillo (Mamani-Linares et al., 2014).

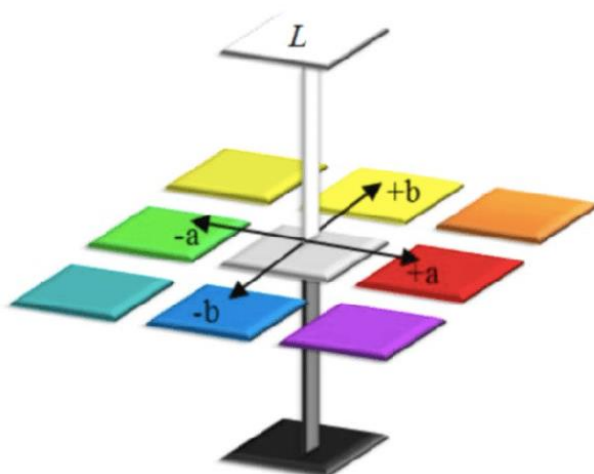


FIGURA 4 Coordenadas de color en el sistema Hunder Lab.

FUENTE: BEETSMA- JOCHUM (2020).

2.13.3 Grasa

El músculo de la tilapia contiene alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, los cuales son esenciales en la nutrición humana, el contenido graso de la tilapia proporciona el tipo de lípidos necesario para el desarrollo normal en los niños por nacer y en los recién nacidos. Además, nos ayuda a reducir los niveles de triglicéridos y disminuye la presión arterial. En el área de función cerebral y salud mental ayuda a mejora la memoria y la concentración, disminuye el riesgo de enfermedades neuro generativas como el Alzheimer. Los aceites de pescado tienen ácidos grasos como el linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) que son esenciales, ya que no son sintetizados por el hombre, razón por la cual se requiere de su ingesta a través de los alimentos (Gamez-Villazana et al., 2021).

La tilapia (*O. niloticus*) requiere de ácidos grasos en su dieta, para un desarrollo óptimo. Estudios previos han demostrado que la composición de la dieta influye significativamente en el perfil de ácidos grasos de esta especie. Las tilapias alimentadas con de aceite de soya y aceite de maíz alcanzaron una alta concentración de Ácido linoleico (18:2) *n*-6, mientras que aquellas que fueron alimentadas con aceite de pescado presentaron una gran concentración de ácido docosahexaenoico 22:6 *n*-3, haciendo una gran diferencia con la alimentación vegetal de las tilapias anteriores. Además, el tiempo de la alimentación y el tipo de ácidos grasos poliinsaturados, agregado a su dieta de la tilapia nilótica, influyen en la composición final de los tejidos de la tilapia. En un estudio se evaluó el perfil de ácidos grasos de tilapias, en su dieta se sustituyó el aceite de girasol por la de aceite de lino llegaron un punto que al aplicar la dieta durante 30 días observaron que era más eficiente la relación *n*-6/*n*-3 (4,3:1) (Moreno Poveda et al., 2013).

2.13.4 Proteína

Las proteínas del musculo del pescado es de aproximadamente 15-28%, incluyendo todos los aminoácidos esenciales y su valor biológico es parecido a la proteína de la leche, huevos o carne de mamíferos (Aguirre-Arana et al., 2015).

Por otro lado, las características funcionales del músculo de pescado dependen principalmente de las proteínas miofibrilares. Esta dependencia es más notable en el músculo del pescado que en el de mamíferos, por su bajo contenido de colágeno. Las proteínas miofibrilares representan entre el 66-77 % de las proteínas totales del musculo del pescado y juegan un papel importante en la coagulación y formación de geles cuando se procesa el filete de pescado (Suzuki, 1987), estas proteínas atrapan a los glóbulos de grasa y forman una película alrededor de ellos haciendo estable la matriz proteica que se generó con el filete pescado.

La composición química de la carne de *O. niloticus* está relacionada con su alimentación, tamaño, la edad, la fuente proteica, el contenido de energía de la ración, calidad del agua y las condiciones de cultivo, estos últimos afectan los requerimientos de proteínas de la tilapia (Aguirre Arana et al., 2015).

2.13.5 Humedad y a_w

El contenido de humedad es un parámetro que permite establecer si un producto, destinado para consumo humano, presenta estabilidad microbiológica y calidad. El contenido de humedad en un alimento hace referencia a la cantidad de agua presentes en el mismo. La determinación de este parámetro analítico es de gran importancia, pues el contenido de agua es un factor de calidad de los productos alimenticios, además el conocimiento de este valor es necesario para predecir el comportamiento de algunos productos, durante su procesamiento y almacenamiento (Nielsen, 2010). La carne del pescado se compone principalmente de agua (66-80%). Dado que la cantidad de agua que contiene el alimento influye en la actividad microbiana, distintos microorganismos pueden proliferar si este no se controla. (Aguirre Arana et al., 2015).

La actividad del agua (a_w) es un indicador que está relacionado con el contenido de agua de un alimento, específicamente con el agua disponible o no ligada. Es importante en la vida útil del alimento, ya que determina el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y la actividad química y enzimática durante la conservación del alimento, que va a afectar a su calidad.

Esto es debido a que los microorganismos necesitan cierta cantidad de agua libre para vivir. De igual manera determina los cambios en la textura provocados por la acción enzimática o la oxidación lipídica (Cardona-Serrate, 2019).

2.13.6 Cenizas (minerales)

La ceniza está compuesta por la fracción mineral (compuestos inorgánicos) del alimento. Debido a los diferentes hábitats de la tilapia, el contenido mineral es variable. La carne de pescado principalmente está constituida de minerales como sodio, calcio, potasio, magnesio, fósforo, hierro. Estos elementos también pueden combinarse con compuestos orgánicos, como ciertas proteínas y sustancias complejas. Su contenido hace referencia a la cantidad de residuos inorgánicos remanentes luego de realizar la calcinación de la materia orgánica del producto. Las cenizas están constituidas, principalmente, por sustancias minerales, ya sea en forma iónica o en forma de una sal; generalmente, durante el proceso de calcinación, pueden producirse pérdidas por volatilización y, la forma original en la que el mineral existe cambia a carbonatos u óxidos (Rodríguez Vizcaíno et al., 2017).

3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) a pequeña escala representa una fuente importante de alimento e ingreso para productores locales en el estado de Campeche, siendo principalmente una actividad atendida por mujeres. Sin embargo, la acuicultura al tratarse de una actividad poco común en la región, muchos productores desconocen aspectos técnicos y productivos clave, incluyendo el manejo adecuado de los peces. De igual manera, el éxito de esta actividad depende de la calidad del producto final, lo que hace fundamental evaluar las características morfológicas, de la canal y la calidad fisicoquímica del filete de los peces criados en los estanques de la región bajo los sistemas de producción actuales. Así mismo, la calidad de la carne y el rendimiento final influyen directamente en el valor comercial, aceptación del consumidor y competitividad del producto en el mercado. Además, el análisis de estos factores permitirá identificar posibles mejoras en las técnicas de cultivo y procesamiento, contribuyendo al fortalecimiento de la acuicultura sustentable en la región.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar las características morfométricas y de la canal, así como la calidad fisicoquímica del filete de la tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) cultivada a pequeña escala en Campeche.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar el peso corporal y algunas características morfométricas de *Oreochromis niloticus* L.
- Determinar algunas características de la canal de *Oreochromis niloticus* L., incluyendo parámetros como el peso y rendimiento de la canal, peso y rendimiento del filete y su relación con las medidas morfométricas
- Analizar la calidad fisicoquímica del filete de *Oreochromis niloticus* L., evaluando características como el color, pH, a_w , contenido de proteína, grasa cruda, humedad.

5. Materiales y métodos

5.1 Área de estudio

Se capturaron manualmente 36 ejemplares adultos de tilapia machos en distintos estanques de la granja Kichpan-Kay, ubicada en Tepakán, Calkiní, Campeche (20°24'55.1"N, 90°02'05.1"O, 50 msnm). La zona se caracteriza por un Clima cálido subhúmedo con lluvias concentradas en verano (tipo Aw), registrando temperaturas medias anuales entre 22.1 y 28.1 °C y precipitaciones totales anuales que oscilan entre 853.3 y 1756.9 mm (INEGI, 2021). Los animales fueron criados en estanques rectangulares de geomembrana de 6.0 metros de ancho por 1.2 metros de altura, bajo condiciones estandarizadas de densidad poblacional, calidad del agua y suministro de alimento, manteniendo una temperatura promedio del agua de 28.5 °C.

En días de poco sol, la fotosíntesis del fitoplancton produce menos oxígeno en el estanque. Por lo tanto, están provistos de Blowers que se encienden en días nublados, Según el productor, los peces alcanzan el tamaño adecuado para la venta en un período de 6 meses. La alimentación de los peces se realiza durante 3 veces al día, la ración diaria de alimento (ADM GROWFISH) corresponde al 1.5 %-2 % de peso corporal total en las etapas iniciales del crecimiento. Conforme los peces crecen, la cantidad de alimento se reduce gradualmente hasta alcanzar el 1% del peso corporal total en las etapas finales de 700 o 800 g. De igual manera el agua del estanque se regula para mantener un pH neutro, lo que favorece la salud y el desarrollo de los peces. Posteriormente a su captura, los peces fueron trasladados al laboratorio de Tecnología de Alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Calkiní para su medición y procesamiento.



FIGURA 5 Condiciones del estanque de la granja Kichpan-Kay ubicada en Tepakan, Calkiní, Campeche. (Foto: Alondra Yarithza Sánchez Márquez)

5.2 Medidas corporales en tilapia

Los animales fueron sacrificados mediante aturdimiento y pesados individualmente utilizando una balanza electrónica (Medidata®, JP) con una precisión de 0.01 g. De acuerdo con la metodología de Fernández et al. (2015) y dos Santos et al. (2019) se midieron y registraron seis medidas corporales: Longitud total, Longitud estándar, ancho corporal, perímetro corporal, altura corporal y longitud de la cabeza. Las medidas corporales se midieron utilizando una cinta métrica graduada en cm y un calibrador electrónico digital (Mitutoyo®, MX.) con una precisión de 0.01 mm. Para garantizar un error mínimo, las mediciones fueron realizadas por un solo operador.

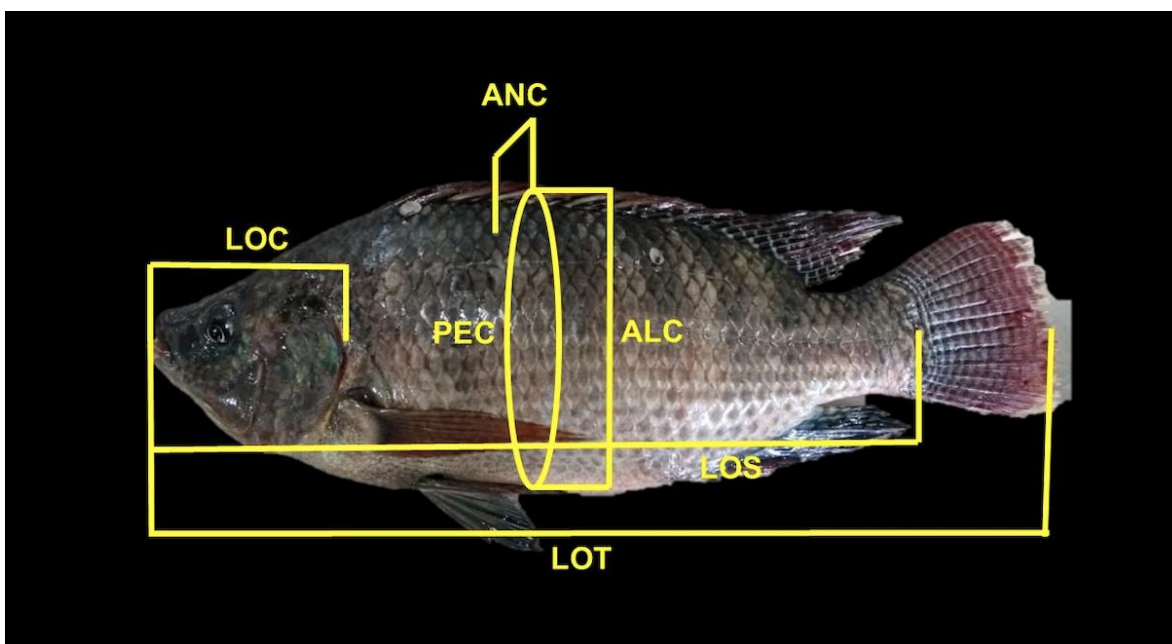


FIGURA 6 Representación esquemática de las medidas morfométricas tomadas en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). LOT: Longitud total; LOS: Longitud estándar; ANC: Ancho corporal; PEC: Perímetro corporal; ALC: Altura corporal, LOC; Longitud de la cabeza. Fuente: elaboración propia

5.3 Características del sacrificio de la canal

De acuerdo con la metodología propuesta por Melo et al. (2013), los ejemplares fueron sometidos a un procesamiento que consistió en las siguientes etapas: a) evisceración para determinar el peso de la canal; b) pesaje individual de las vísceras; c) extracción de la piel y las escamas mediante un corte cefalocaudal; d) separación de la cabeza a nivel del opérculo y determinación de su peso; e) obtención de los filetes, excluyendo las costillas laterales, y pesaje de los mismos; f) pesaje de la espina dorsal limpia.

Los rendimientos de la canal y del filete se calcularon como porcentaje del peso corporal (pescado entero) (Rojas-Runjaic et al., 2011).

Fórmula para porcentaje de carcasa:

$$\%RC = \frac{P_c}{P_f} \times 100$$

RC: Rendimiento de la canal

P_c: Peso de huesos

P_f: Peso fresco

Formula de rendimiento del filete en función del peso fresco

$$\%RPF = \frac{P_{Fi}}{P_f} \times 100$$

RPF: Rendimiento peso filete

P_{Fi}: Peso del filete

P_f: Peso fresco

5.4 Análisis Fisioquímicos

5.4.1 Medición del pH

La medición de pH se realizó usando un potenciómetro Foodcare Meat pH Tester (Hanna instruments®, CO.), tomando como referencia la metodología reportada por Olvera Aguirre et al., (2021). Las mediciones de pH en las muestras se realizaron por triplicado.

5.4.2 Medición del color

Para la medición del color de las muestras de filete de la tilapia se utilizó un colorímetro PCE-CSM (PCE Instruments®, USA), considerando la metodología de Olvera Aguirre et al., (2021). Las mediciones de color en las muestras se realizaron por triplicado, considerando los parámetros de color L*, a*, b*, ángulo Hue° y Croma.

5.4.3 Determinación de humedad

Se determinó de acuerdo con el método descrito por AOAC (925.10). Para ello se pesó 1 g de muestra molida en un crisol de porcelana (previo peso constante a 105 °C durante 24 h) y se colocó (con ayuda de una pinza) en un horno por convección a 105 °C durante 24 h. Después, el crisol con muestra seca se retiró del horno y se colocó en un desecador de vidrio durante 30 min hasta enfriar. Posteriormente, el crisol con la muestra seca y se pesó en la balanza analítica. Los resultados (%) se calcularon con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(M1) - (M2)}{(M)} \times 100$$

Donde:

M1: Peso constante del crisol + muestra húmeda

M2: Peso de crisol + muestra seca

M: Peso de muestra húmeda (g)

5.4.4 Determinación de cenizas

Se determinó siguiendo el método 08-01 AACC (2000), para ello se pesó 1 g de muestra triturada en un crisol de porcelana (previo peso constante a 105 °C durante 24 h) y se colocó en una mufla Mufla Digital (marca Barnstead-Thermolyne, MX.) a 550 °C durante 5 h.

Transcurrido el tiempo de incineración, la mufla se apagó y los crisoles con cenizas se dejaron dentro del equipo hasta enfriar. Con ayuda de una pinza, los crisoles con cenizas se retiraron de la mufla y se colocaron en un desecador de vidrio durante 30 min posteriormente, se pesaron en una balanza analítica. El % de cenizas se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(P_i - P_2)}{(M)} \times 100$$

Donde:

P_i: Peso del crisol con cenizas

P₂: Peso constante del crisol

M: peso de la muestra (g)

5.4.5 Proteínas

La proteína cruda se determinó con el método de Kjeldahl. Para la digestión, se pesó 100 mg de muestra triturada y se colocaron en tubos Kjeldahl, posteriormente se le agregó 10 mL de ácido sulfúrico y una tableta catalizadora. La digestión se realizó durante 1 h hasta que la muestra quedó completamente transparente (color azul-verde) y los tubos se retiraron del digestor después de enfriarse durante 30 min a temperatura ambiente. Seguidamente, se agregó 7 mL de agua destilada a cada tubo Kjeldahl y se agitó manualmente para verter en el equipo de destilación (previo calentamiento del agua del matraz hasta ebullición). Posteriormente, a los tubos se le añade 35 mL de hidróxido de sodio (50% p/v). Se recuperó 50 mL de la destilación en un matraz Erlenmeyer que contiene 5 mL de ácido bórico (4% en agua destilada p/v) y 3 gotas del indicador Shiro-Tashiro. La mezcla que contiene el destilado se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N.

$$\% \text{ de proteína cruda} = \frac{(v)(N \text{ del HCL})(1.4)(6.25)}{(P)}$$

Dónde:

V: Volumen consumido de HCL 0.1N

N: Normalidad de la solución de HCL (0.1N)

P: Peso de la muestra en g

0.014: miliequivalente de nitrógeno. Para porcentaje se multiplica por 100.

Equivalente=peso atómico/valencia=14.0067/1=14.0067 g --

meq=14.0067/1000=0.014

6.25: Factor de conversión de cantidad de nitrógeno en los aminoácidos de las proteínas. 100/16. Se estima que el nitrógeno representa aproximadamente el 16% del peso de proteína. En 100 g de proteína hay 16 g de nitrógeno.

5.4.6 Grasas

La determinación de grasas se realizó por el método Soxhlet 920.39C descrito por la AOAC (1990). El cual consistió, en un ciclo repetido de ebullición, condensación y sifonado de hexano sobre la muestra de filete, facilitando la extracción de la grasa. Para lo cual, primero se colocaron matraz balón en el horno de convección a 105 °C durante 24 h (hasta peso constante). Después del secado, los matraces balón se colocaron en un desecador de vidrio durante 30 min y luego se pesaron en una balanza analítica. Se pesaron 1 g de muestra triturada y se colocaron en las trampas Soxhlet. En cada Soxhlet se colocaron 80 mL de hexano como disolvente de extracción. Posteriormente, se encendió la placa de calentamiento hasta 100 °C y se procedió con la extracción durante 5 h, tomando en cuenta el tiempo de extracción desde el primer sifonado, para la condensación del hexano se utilizó un recirculador de agua. Finalmente, los matraces balón se colocan en la estufa por 1 h para eliminar residuos de hexano y al terminar este tiempo, los matraces balón con grasa se colocaron en el desecador de vidrio durante 30 min. Una vez transcurrido este tiempo, los matraces con grasa se pesaron en una balanza analítica y se realizaron los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(P1 - P2)}{(P3)} \times 100$$

Donde:

P1: Peso de matraz balón más grasa después de la extracción

P2: Peso constante del matraz balón

P3: Peso de la muestra en g

5.4.7 Actividad de agua (a_w)

Para medir la cantidad de agua libre presente en las muestras, se determinó la actividad de agua (A_w) con un medidor de actividad de agua de punto de rocío (LabStart-aw, MX.). Se siguió el protocolo estándar, donde se pesó 0.5 g de muestra y se colocaron en las charolas, posteriormente se introdujeron en la cámara de medición hasta que el equipo indique el final de la lectura. Se registraron los valores de A_w y la temperatura de análisis (Ruiz Alonso et al., 2019).

6. Resultados y Discusión

6.1 Características morfométricas

Según el manejo aplicado en la granja Kichpan-Kay, ubicada en Tepakán, Calkiní, Campeche, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) presenta medidas morfométricas aceptables. Aunque hay pocas investigaciones que vinculan las medidas morfométricas en especies del género *Oreochromis*, Rojas-Runjaic et al. (2011) determinaron que el peso corporal influye en la morfometría. Además, señalaron que la selección de las medidas morfométricas evaluadas permite un monitoreo eficiente del rendimiento cárnico de los peces sin necesidad de sacrificarlos. En la tabla 4, se presentan las estadísticas descriptivas del peso corporal, las medidas corporales lineales y las características de la canal de la tilapia del Nilo. El peso corporal medio fue de 522.60 ± 51.04 , mientras que las medidas corporales lineales medias fueron 31.30 ± 0.08 , 25.92 ± 0.91 , 4.50 ± 0.25 , 23.66 ± 0.73 , 10.10 ± 0.40 y 8.02 ± 0.39 cm para LOT, LOS, ANC, PEC, ALC y LOC, respectivamente. En un estudio similar, Rojas-Runjaic et al. (2011) reportaron valores entre 24.61 y 26.56 cm y 20.09 y 22.14 cm, para LOT y LOS, respectivamente.

En general, los valores medios de PC, medidas corporales lineales y características de la canal exhibieron una variabilidad baja a moderada, variando de 3.66% para PEC a 26.74% para PCA. Según Sam et al. (2020), la variabilidad moderada en algunos rasgos como características de la canal en animales domésticos indica que estos rasgos podrían responder a la selección y deberían ser explotados.

Los resultados de peso y medidas corporales lineales observados en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por Oliveira et al. (2019) en tilapia reproductores machos. Sin embargo, fueron superiores en comparación con los reportados por Melo et al. (2013) para tilapia con peso corporal que osciló entre 400 y 599 g. Las diferencias entre las poblaciones de tilapia estudiadas pueden deberse a diferencias genéticas o a factores ambientales (Kosai et al., 2014). Además, se sabe que en la piscicultura las diferencias de tamaño entre los animales

generalmente están asociadas con la competencia por el alimento dentro de un grupo y la jerarquía alimentaria resultante (dos Santos et al., 2019).

En este estudio se obtuvo valores de rendimiento de filete de $35.91 \pm 2.48\%$, valor superior cuando se compara con el porcentaje de rendimiento de filete obtenido de *Ictalurus punctatus* (25.4 %), en este sentido se menciona que en las especies de cuerpos comprimidos, como en el caso de las tilapias de Nilo, los rendimientos del filete son menores debido a una menor masa muscular (Rojas-Njaic et al., 2011).

De igual manera, en la Tabla 4 se muestra el porcentaje de carcasa con valor de $49.04 \pm 4.02 \%$ respecto al peso total del pez. En un estudio realizado por Rojas-Njaic et al., (2011) indica que el porcentaje de carcasa de la *O. niloticus* obtuvo un valor entre 66 y 68 % para tilapias de 350 - 400 g, observando que el valor obtenido en este trabajo es inferior. Por otra parte, Macedo-Viegas et al. (1997), reporta valores de carcasa para *O. niloticus* que oscilaron entre 59.13 y 63.69 %.

Tabla 4. Características morfométricas de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.).

Variable	Media	Min	Max	E.E	C.V.
Peso corporal (g)	522.60 ± 51.04	418	649	10.64	221.95
Ancho corporal (cm)	4.50 ± 0.25	4	4.9	0.05	1.11
Perímetro corporal (cm)	23.66 ± 0.73	22.4	25	0.15	3.20
Altura Corporal (cm)	10.10 ± 0.40	9.1	10.9	0.08	1.77
Longitud total (cm)	31.30 ± 0.80	29.4	33.2	0.16	3.52
Longitud de Cabeza (cm)	8.02 ± 0.39	7.2	8.7	0.08	1.71
Longitud estándar (cm)	25.92 ± 0.91	24.3	28	0.18	3.95
Peso del filete (g)	187.16 ± 17.19	148	216.1	3.58	74.78
Peso de las Vísceras (g)	59.17 ± 8.51	42.1	79.3	1.77	37.03

Peso de la carcasa (g)	256.23 ± 27.58	214.7	321.3	5.75	119.95
Peso cabeza (g)	90.33 ± 8.04	81.10	108.9	1.90	8.90
Porcentaje de carcasa (%)	49.04 ± 4.02	35.70	55.13	0.83	8.19
Rendimiento filete (%)	35.91 ± 2.48	29.43	38.85	0.51	6.90

6.2 Parámetros fisicoquímicos de calidad en el filete de tilapia

6.2.1 Humedad

El agua es uno de los componentes químicos del pescado que más variación presenta. En este estudio, el filete de tilapia presentó valores de humedad de 77.66 ± 0.72 % (Tabla 5). Según Huss (1999) el contenido de humedad en el músculo del pescado puede oscilar entre 66 y 81 %, lo cual refleja que existe concordancia entre los valores experimentales y los reportados en dicho estudio. De igual manera Lizárraga-Mata (2024) reportó un rango de 70-80 % de humedad en filete molido de tilapia. Además, otros autores como Alzate (2017) obtuvieron valores de humedad del 74.9 % en filete, mientras que Bernal-Buitrago et al., (2019), reportaron un 79% de humedad en filete de tilapias con un peso final de 386 g.

El contenido de humedad determinado en este estudio, cuando se compara con otras especies puede estar influenciado por dos factores específicos. El primero, por la especie misma, y el segundo se relaciona con la edad del pescado, se ha reportado que el contenido de humedad en el músculo disminuye conforme aumenta la edad. Esto se ha reportado en bagre de agua dulce y en otras especies acuícolas con porcentajes de humedad similares. Por lo tanto, los pescados que han alcanzado la madurez sexual presentan un mayor contenido de humedad (Rodríguez-Vizcaíno et al., 2017).

6.2.2 Proteína cruda

Las proteínas constituyen el segundo mayor componente químico del pescado, el contenido de proteína es casi constante, en comparación al contenido acuoso y graso. En la Tabla 5, se puede observar que el filete de tilapia obtuvo valores de proteína cruda de 17.49 ± 3.77 %, cantidad que se encuentra dentro de la variación normal del contenido de proteínas en pescado, que oscila entre 16 y 21 %, pudiendo alcanzar hasta el 28 % (Gamez-Villazana et al., 2012).

El contenido de proteína en el pescado está estrechamente influenciado por la dieta suministrada (Boscolo, 2010). Así mismo, Alzate (2017), Bernal-Buitrago et al., (2019) y Gomes (2009) encontraron valores de contenido proteico en el filete de cachama blanca cultivada de estanques de 18.5 %, 18.6 % y 19.7 %, respectivamente. Las diferentes concentraciones proteicas en las especies analizadas se deben especialmente a las proteínas miofibrilares, las cuales cumplen un papel importante en la estructura y función del músculo de la tilapia (Gamez-Villazana et al., 2012). La proteína del músculo de pescado es una fuente completa de aminoácidos esenciales. Además, tiene la ventaja que la cantidad de tejido conectivo es muy baja comparada con la que se encuentra en la carne de bovino, razón por la cual el pescado es más fácil de cocinar y digerir (Badui, 2006). Por otro lado, se ha reportado que aquellas especies que atraviesan procesos de alimentación intensiva, sobre todo en los criaderos, presentan mayor contenido de proteínas en la carne (Huss, 1999).

6.2.3 Grasa

El contenido de grasa cruda en filete de tilapia fue de 1.24 ± 0.27 % este valor que se encuentra dentro del parámetro normal del contenido de grasa reportado para filete de pescado, el cual se encuentra entre el 0.2 % y el 25 % (Huss, 1999). El contenido de grasa en pescado es muy variable de una especie a otra, dado a las condiciones ambientales y el tipo de estanque, son factores determinantes para obtener una cantidad adecuada de grasa (Rodríguez et al., 2024). Por otra parte, influye los hábitos alimenticios y la disponibilidad de alimentos, por ejemplo, los peces marinos suelen tener más grasa que los pescados acuícolas. También, el ciclo de maduración sexual influye cuando los peces acumulan grasa como reserva

de energía antes del desove (Ramírez, 2012). Adicionalmente, se puede verificar que, en general la sumatoria entre el porcentaje de humedad y de grasa total es, aproximadamente, del 80% y que ambos componentes se encuentran inversamente relacionados (Rodríguez Vizcaíno et al., 2017). Los lípidos son el componente que muestra mayor variación entre especies de pescado.

Los pescados blancos o magros son aquellos que poseen un contenido de grasa hasta del 2 %, por lo que por lo que la Guadina, Tilapia, Guanchiche, Corvina, Tilapia Roja, Chalaco y Chame se encuentran dentro de este grupo; los pescados semi grasos contienen entre el 2 % y 6 % de lípidos, y se incluyen en este grupo la Carpa, Dica, Ratón, Cachama, Jandia y Trucha (Cuervo-Moreno et al., 2014).

Por lo general, los pescados blancos almacenan la mayor parte de los lípidos en el hígado y porciones muy pequeñas en la carne, mientras que los pescados grasos los almacenan a lo largo del cuerpo, sobre todo en el tejido muscular. A su vez, este factor depende de la especie, por lo cual se observan distintos porcentajes de grasa dentro de una misma clasificación (Muñoz, 2014). Así mismo, las condiciones de cría juegan un rol importante, ya que en los sistemas de cultivo es posible regular la alimentación de los peces, proporcionando dietas ricas en grasas (Huss, 1999).

6.2.4 Actividad de agua

Como se muestra en la Tabla 5, la actividad de agua del filete de tilapia fresca fue de 0.94 ± 0.01 % valor que sugiere que la carne de tilapia es altamente perecedera, por lo que se debe tener especial cuidado durante el almacenamiento prolongado. Así mismo, es susceptible de ser contaminado por bacterias G+/G- que crecen en a_w 0.90 a 0.97, si no se tiene una buena manipulación (Olvera ríos et al. 2019). En otro estudio se encontró que la a_w del filete de cachama blanca es cercano a 1 (Patricia-Mancera et al., 2024). Por otra parte, valores similares se encontraron por Garbelini (2013) para carne de pacú (a_w 0.94 a 0.95). En general para pescados recién beneficiados, se han registrado valores de a_w de 0.94 y 0.95 (Abbas et al., 2009).

6.2.5 Cenizas

El porcentaje de cenizas totales es un componente químico minoritario en la carne de pescado. En la Tabla 5, se puede observar que la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) presentó valores de 0.99 ± 0.12 % de cenizas, esto se debe a que estas especies requieren en su dieta cantidades mínimas minerales para poder desarrollarse adecuadamente. De acuerdo con Huss (1999), el valor mínimo de cenizas totales que contienen los pescados es de 0.2 % y el valor máximo de 1.5 %, por lo que los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango esperado. Igualmente, García et al. (2013) reportaron para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) contenidos de cenizas de 0.93 %. Según estudios realizados por Rodríguez-Vizcaíno (2017) el contenido de ceniza en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) fue de 0.29 % y para Carpa (*Cyprinus carpio communis*) de 0.42 % (Rodríguez-Vizcaíno, 2017).

El contenido variable de cenizas totales en diferentes especies de pescado puede estar relacionadas con distintos factores, como la absorción de los minerales del hábitat, si procede del mar o de estanques (Ramírez, 2012). En los peces de acuicultura, se considera que el contenido de vitaminas y minerales refleja la composición de los constituyentes en el alimento del pez (Rodríguez-Vizcaíno, 2017). Adicionalmente, la capacidad metabólica del pez y el estado fisiológico son factores relevantes en la acumulación de minerales. Sanayaima & Devi (2016) afirman que los pescados que han sido capturados después del periodo de desove presentan mayores concentraciones de minerales en su carne. Además, indican que, a mayor asimilación y absorción de nutrientes, el contenido de minerales disponibles será mayor.

6.2.6 pH

Los valores de pH registrados para el filete de tilapia fueron de 6.71 ± 0.12 . Según Ndraha (2017), esta medida está relacionada con el contenido de glucógeno muscular, los procesos post mortem, la transformación en ácido láctico y su posterior almacenamiento, lo cual puede influir en la actividad bacteriana, generando cambios sensoriales en el pescado como la apariencia, textura, color y sabor. En un estudio realizado por Durán et al. (2018), se registraron valores de pH 6.7 en el músculo de carpa (*Cypinus carpio*) y se observó que tuvo una disminución de pH durante las primeras 48 h de *post mortem*, mencionan que los resultados pueden estar relacionado con el aumento de niveles de ácido láctico responsable de la acidificación del músculo. Por otro lado, Jiménez-Ruiz (2012) señala que las variaciones en el contenido de glucógeno se pueden deber principalmente a la especie, el tamaño y al estado reproductivo de los organismos, así como también al estado nutricional del pez y el grado de agotamiento y estrés al momento de la muerte. Así mismo, Ritter et al., (2016) y Arujo et al., (2016) evaluaron el pH de la cachama negra y cachama blanca, donde registraron valores de 6.5 y 6.3, respectivamente. De acuerdo con Tirado & Guerrero (2013) menciona valores de pH en el músculo de (*Oreochromis niloticus*) en diferentes etapas, la etapa inicial indica un pH de 6.64 y etapa final un pH 6.57.

Tabla 5. Parámetros de calidad de filete de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.),

Variable	Media	Min	Max	E.E	C.V
Humedad	77.66 ± 0.72	75.77	78.61	0.17	4.02
Cenizas	0.99 ± 0.12	0.84	1.42	0.02	0.69
Proteína	17.49 ± 3.77	12.25	22.31	1.68	75.50
Grasa	1.24 ± 0.27	1.08	1.56	0.160	9.25
a_w	0.94 ± 0.01	0.94	0.94	0.78	26.16
pH	6.71 ± 0.12	6.49	6.90	0.038	1.16

6.2.7 Color de la piel

El color de la piel de tilapia fresca es un parámetro de calidad clave para la aceptación del consumidor. En la Tabla 7 se presentan los valores obtenidos mediante el sistema CIE Lab para la piel de la tilapia. En este estudio se registraron valores de luminosidad (L) de 34.61 ± 10.01 lo cual se debe a la tonalidad oscura característica de la *O. Niloticus*. Esta baja luminosidad está relacionada con la presencia de melanóforos, células que contienen eumelanina, pigmento responsable de la apariencia negra/gris de esta especie de pez (Chenxu Wang et al., 2021). De igual manera Sánchez-Zapata et al., (2008) reportó que el bacalao y otros pescados magros (“blancos”) presentan una baja concentración de pigmentos, tanto de carotenoides como de hemopigmentos, que favorecen una mayor reflexión de la luz y por ende L^* . Así mismo, los valores de a^* 1.37 ± 1.56 (rojo-verde) se debe a las bajas concentraciones de carotenoides y hemopigmentos presentes en la tilapia. También, valores para las coordenadas b^* 6.68 ± 2.76 (amarillo-azul), podría deberse a que la piel de la tilapia contiene pigmentos amarillos como la luteína y zeaxantina (Wang-chenxu et al., 2021).

Tabla 6. Parámetros de color de piel de la Tilapia Nilo

Variable	Media	Min	Max	E.E	C.V
L	34.61 ± 10.01	0.84	74.9	0.99	9.81
a	1.37 ± 1.56	-2.07	6	0.15	1.53
b	6.68 ± 2.76	1.13	13.63	0.27	2.70

6.2.8 Color del filete

Los parámetros de color del filete de pescado se encuentran registrados en la Tabla 8, donde L^* de 40.49 ± 4.54 , se debe a la decoloración de las muestras debido a la desnaturalización de la mioglobina y la oxidación de pigmentos en el músculo, causada por la exposición y la manipulación en la que se mantuvo el pescado para poder obtener el filete (Mata-Lizarraga et al., 2014). Estudios similares obtuvieron valores de L^* entre 48 y 54 para la especie *Piaractus mesopotamicus* (Hisano et al., 2024). Estas variaciones están relacionadas con la cantidad de mioglobina y

hemopigmentos característicos de cada especie (Sánchez et al., 2010). Las diferencias también pueden atribuirse a la estructura muscular, el tamaño y la cantidad de fibras musculares, donde fibras con mayor diámetro dispersan la luz y resultan en una carne más pálida (Bugeon et al., 2010). Asimismo, entre mayor sea la coordenada L*, podrían atribuirse colores pálidos relacionándolos con la cantidad de fibras musculares blancas (Hisano et al., 2016). En lo que respecta a la coordenada a* se registraron valores de 0.69 ± 2.21 , la cual está relacionada con que la carne es ligeramente roja. Esta coordenada está influenciada por la cantidad de proteínas del grupo heme, presentes en cada músculo (Hematyar et al., 2018). Así mismo, la coordenada b* 1.35 ± 1.95 obtenido en esta investigación son bajos a comparación con lo reportado por Hisano et al. (2016), quienes encontraron valores de 12.57 y 14.25 para b* en el filete de pacú. El valor de este parámetro esta coordenada está relacionado con la proporción de grasa en la especie, debido a que en la grasa se almacenan pigmentos como carotenoides (Watterskog y Undeland, 2004).

Tabla 7. Parámetros de color del filete de la Tilapia Nilo

Color del filete					
Variable	Media	Min	Max	E.E	C.V
L	40.49 ± 4.54	24.46	49.29	0.45	4.45
a	0.69 ± 2.21	-2.38	12.88	0.21	2.16
b	1.35 ± 1.95	-3.19	7.4	0.19	1.91

7. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que es posible predecir el peso corporal de la tilapia del Nilo con una precisión moderada a partir de algunas mediciones corporales lineales como la altura corporal y la longitud estándar. Además, la relación positiva y significativa observada entre estas variables sugiere que un aumento en cualquiera de estas mediciones corporales lineales conduce a un aumento en el peso corporal. Asimismo, el peso corporal es la variable más importante para determinar las características de la canal de la tilapia del Nilo. Por lo tanto, estos hallazgos contribuyen en la toma de decisiones relacionadas con la mejora de los programas de reproducción de esta especie de acuicultura. Por otra parte, se obtuvo un 35.91 ± 2.48 % de rendimiento de filete en las tilapias, lo que indica que poco más de un tercio del peso total del pescado corresponde a la porción aprovechable como filete.

En cuanto a la composición química proximal y algunos parámetros fisicoquímicos, los valores obtenidos para humedad, cenizas, proteínas, grasa, actividad de agua, color y pH se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura como parámetros de calidad, lo que valida la fiabilidad de los resultados y confirma que los parámetros evaluados son representativos de la tilapia del Nilo. Estos hallazgos proporcionan información relevante para el manejo y la mejora de la calidad de esta especie en la industria acuícola.

8. Bibliografía

- Aguirre Arana, D. J. (2015). *Calidad de la carne de tilapia (Oreochromis niloticus) bajo diferentes métodos y tiempos de conservación.*
- Alzate, H. (2017). *Efecto de la fuente proteica del alimento sobre la calidad de la carne de la cachama blanca Piaractus brachyomus en un sistema de tecnología biofloc.* [Tesis Magister en Ciencias Agrarias]. Departamento de producción animal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Arrieta A., Corredor W., & Vera J. (2022). *valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en pamplona norte de santander.*
- Arrieta A., Corredor W., & Vera J. (2022). *valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en pamplona norte de santander.* @limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria, 13(2).
- Arzabala-Molina, José & León-Medina, Rosa & Rosas-Vega, Raquel & Gullian Klanian, Mariel & Paredes-Chi, Arely & de Yta-Castillo, Diana & Sandoval-Gío, Juan. (2022). *Biotecnología Acuicola y Marina Alternativa económicamente viable y sustentable para el desarrollo regional.*
- Baltazar, P. M. (2007). *La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas.* Revista peruana de biología, 13(3), 267-273.
- Barrera García, Karolain. (2023). Laboratorio 1 Taxonomía morfología externa e interna de tilapia del nilo oreochromis niloticus.
- Barrero, M., Paredes, A., Romero, O., Poleo, G.(2012). *Proximate composition and flesh quality of red bellied pacu, Piaractus brachyomus, cultured in two different closed system.* Agronomía Tropical 30(3):263-268.
- Basualdo-Ramírez, L. J., Jiménez-Guzmán, F., Jiménez-Saavedra, A. C., Macal-Niño, F. J., Quintero-Marmol, E. A. M., Montaña-Aguilar, D. M. A., & Gutiérrez, U. E. (2012). *Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México. México. Soltar impresiones.*
- Beetsma Jochum. (2020). *El sistema CIELAB el método para cuantificar los colores de los revestimientos - Prospector Knowledge Center*

- Biscalchin-Gröschek, S. F., Oetterer, M., & Gallo, C. R. (2003). *Characterization and frozen storage stability of minced Nile tilapia (Oreochromis niloticus) and red tilapia (Oreochromis spp.)*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 12(3), 57-69.
- Boscolo, W., Reidel, A., Feiden, A., Signor, A., Losh, J., Lorenz, E., y Neto, M. (2006). *Rendimento corporal do pacu (Piaractus mesopotamicus) cultivados em tanques-rede no reservatório de Itaipu, alimentados com diferentes níveis de proteína bruta*. In *Primer Simpósio nacional de Engenharia de Pesca* (pp. 1-5). Paraná, Brasil.
- Bugeon, J., Lefevre, F., Cardinal, M., Uyanik, A., Davenel, A. and Haffray, P. (2010). *Flesh quality in large rainbow trout with high or low fillet yield*. *Journal of Muscle Foods*, 21, 702-721.
- Camacho, N. M., Ríos, E. M., Yáñez, F. J. C., Cruz, S. R., López, J. C., Flores, A. A. A., ... & Higuera, V. O. (2020). *Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el rigor mortis del músculo de tilapia (Oreochromis niloticus)/Effect of storage temperature on tilapia muscle (Oreochromis niloticus) rigor mortis*. *Biotechnia*, 22(2), 88-93
- Carrillo, D. A. P., Corredor, Z., & Ramírez-Iglesia, L. (2014). *Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (Oreochromis spp.) en una zona cálida tropical*. *ZOOTECNIA TROPICAL*, 30(1).
- CEASIN. (2018). *Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa 2018*.
- Chenxu Wang, (2021). *Nile Tilapia: A Model for Studying Teleost Color Patterns*, *Journal of Heredity* , volumen 112, número 5, páginas 469–484.
- Chiñas, F. A. I., & Guillén, B. J. S. (2023). *Análisis de Alimentos. Fundamentos y Técnicas*. UNAM, Facultad de Química.
- CONAPESCA, S. (2018). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013*.
- CONAPESCA. (2018). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2018*.
- CONAPESCA. (2018). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2020*.
- CONAPESCA, S. (2015). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2015*.

- Crespo, G. M. (2009). Desarrollo de un prototipo de medallón de tilapia (*Oreochromis* sp.) evaluando dos tipos de empanizado y dos niveles de harina de soya (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012).
- Cuervo, L.I. (2014). *Perfil de ácidos grasos en algunas especies dulceacuícolas de interés comercial en Colombia, estado del conocimiento y perspectivas*. [Tesis pregrado]. Universidad de la Salle.
- FAO. (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Fortalecen gobernanza para una pesca sostenible de camarón rosado.
- Figuerola, V. (Ed.). (1997). *Tratamiento Y Utilizaciaon de Residuos de Origen Animal, Pesquero Y Alimenticio en la Alimentaciaon Animal (Estudios Fao: Produccion Y Sanidad Animal)* (Vol. 134). Food & Agriculture Org.
- Gamez-Villazana, J. J., Molina, J. J. F., & Ojeda, L. E. O. (2021). Pulpa de pescado de aguas continentales y su potencial utilización en la elaboración de embutidos. *Alimentos Hoy*, 29(53), 81-111.
- Gamez-Villazana, Jordy & Fernandez-Molina, Juan & Ojeda, Luis. (2021). PULPA DE PESCADO DE AGUAS CONTINENTALES Y SU POTENCIAL UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS. 29. 81-111.
- García, O., Acevedo, I., Ruíz, R.J.(2013).Proximate analysis, and microbiological and sensory evaluation of hamburger patties elaborated with red-bellied pacú (*Piaractus brachypomus*) and textured soy (*Glycine max*).*Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment.* 4(2): 219-236.
- Hematyar, N., Masilko, J., Mraz, J. and Sampels, S. (2018). Nutritional quality, oxidation, and sensory parameters in fillets of common carp (*Cyprinus carpio* L.) influenced by frozen storage (-20°C). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), 1-13.
- Hisano, H., Pilecco, J. e Ferreira de Lara, J. (2016). Corn gluten meal in pacu *Piaractus mesopotamicus* diets: effects on growth, haematology, and meat quality. *Aquacult Int*, 24, 1049-1060.
- Hua, Katheline & Cobcroft, Jennifer & Cole, Andrew & Condon, Kelly & Jerry, Dean & Mangott, Arnold & Praeger, Christina & Vucko, Matthew & Zeng, Chaoshu &

- Zenger, Kyall & Strugnell, J.M.. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*. 1. 316-329. 10.1016/j.oneear.2019.10.018.
- Huerta, Claudia & Zavala-Leal, Iram & Juan Ramón, Flores-Ortega. (2021). tilapias: de la introducción a la producción, desarrollo económico de su cultivo en México.
- Jaimes, M. B., Rebollar-Rebollar, S., de Jesús González-Razo, F., Hernández-Martínez, J., & Gómez-Tenorio, G. (2015). Viabilidad económica para la producción y venta de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Amatepec, estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 37, 147-158.
- L. Patricia Mancera. Rodriguez (2024). Evaluación del rendimiento de filete y composición de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *RIAA*, 15(1), 4.
- Lara-Flores, M., Balan-Zetina, S., Zapata, A., & Sonda-Santos, K. (2013). Determinación y prevalencia de *Mycobacterium* spp., en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cultivada en Campeche, México. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3273-3281.
- Mamani-Linares, L. W., Cayo, F., & Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama: una revisión. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(2), 123-150.
- Martínez, V., & Novoa, O. Diagnóstico de los sectores de la pesca y la acuicultura en el estado de Yucatán.
- MATA, W. L. L. (2014). efecto del lavado y adición de un crioprotectante comercial sobre la vida de anaquel de mince de subproductos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) almacenado en congelación.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57-66.
- Moreno Poveda, J. (2013). *Cambios en el perfil de ácidos grasos de filete de tilapia nilótica Oreochromis niloticus en respuesta a diferentes fuentes lipídicas*.
- Ndraha N. (2017). Fish Quality Evaluation Using Quality Index Method (QIM), Correlating with Physical, Chemical and Bacteriological Changes During the Ice-Storage Period: A Review. A. Isnansetyo, and T. Nuringtyas (Eds.), *Proceeding*

- of the 1st International Conference on Tropical Agriculture (pp. 185-196) . Springer, Cham.
- Nielsen, S. S., & Nielsen, S. S. (2017). Correction to: food analysis laboratory manual. *Food Analysis Laboratory Manual*, C1-C2.
- Ramírez, J. (2012). Composición química de pescados y mariscos. Obtenido de Bioquímica en productos de origen cárnico.
- Reyes-Trigueros, Leonardo & Monroy Dosta, María & Torres Ochoa, Erika & Cortés-Sánchez, Alejandro & Espinosa-Chaurand, Luis. (2023). Parámetros reproductivos en la producción de crías tilapia *Oreochromis niloticus*: revisión. *La Granja*. 38. 124-137. 10.17163/lgr.n38.2023.09.
- Reyes-Trigueros, Leonardo & Monroy Dosta, María & Torres Ochoa, Erika & Cortés-Sánchez, Alejandro & Espinosa-Chaurand, Luis. (2023). Parámetros reproductivos en la producción de crías tilapia *Oreochromis niloticus*: revisión. *La Granja*. 38. 124-137. 10.17163/lgr.n38.2023.09.
- Rodríguez Vizcaíno, N. E. (2017). Análisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador.
- Rodríguez, L. P. M. (2024). Evaluación del rendimiento de filete y composición de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *RIAA*, 15(1), 4
- Rodríguez, L. P. M. (2024). Evaluación del rendimiento de filete y composición de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *RIAA*, 15(1).
- Rojas-Runjaic, B., Perdomo, D. A., García, D. E., González-Estopiñán, M., Corredor, Z., Moratinos, P., & Santos, O. (2011). Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producida en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 113-126.
- Rojas-Runjaic, B., Perdomo, D. A., García, D. E., González-Estopiñán, M., Corredor, Z., Moratinos, P., & Santos, O. (2011). Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producida en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 29(1), 113-126.
- Ruiz Calderon, M. A. (2023). Efecto de tres métodos de conservación en filetes de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

- Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Sayas, E., Sendra, E., Navarro, C., & Pérez-Álvarez, J. A. (2008). Estudio orientativo para la caracterización colorimétrica de distintos productos de pescado ahumados y seco-salados presentes en el mercado español. *Óptica pura y aplicada*, 41(3), 273-279.
- Sánchez, E., Sáez, S., Fuentes, E., Martín, A., Barber, X., Fernández, J. y Pérez, J. (2010). Estudio descriptivo de los espectros de reflexión y de las coordenadas de color de Merluza (*Merluccius australis*), Salmón (*Salmo salar*) y músculo claro y oscuro de Atún (*Thunnus thynnus*). (pp. 375-378).
- Sharai Abaroa. (2012). Especial de precios de pescados y mariscos.
- SIAP. (2018). Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable 2018.
- SIAP. (2020). Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable 2020.
- SIAP. (2022). Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable 2022.
- Simões, D. R., Queiroz, M. I., Volpato, G., & Zepka, L. Q. (2004). Desodorización de la base proteica de pescado (BPP) con ácido fosfórico. *Food Science and Technology*, 24, 23-26.
- TIRADO, O. C., & GUERRERO, C. C. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y.
- Valdez Espinoza, Y., & Félix Aguilar, C. D. (2019). Utilización del aguacate regional para la modificación de la calidad del filete de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Vázquez-Vera, L., Carreño, P. C., Rafful, B. C., Lucero, I. L., Apolinar, V. Á., Vázquez-Arce, D., & Velasco, A. H. Diagnóstico de la acuicultura en México Este documento fue sometido a un proceso de revisión y lecturas especializadas de expertos, a fin de cumplir criterios editoriales de Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, AC,(FMCN). FMCN promueve el uso justo de esta publicación.
- Wang, C., Lu, B., Li, T., Liang, G., Xu, M., Liu, X., ... & Wang, D. (2021). Nile tilapia: a model for studying teleost color patterns. *Journal of Heredity*, 112(5), 469-484.

- Wendy, Lizárraga-Mata & García-Sifuentes, Celia & Scheuren, Susana & María, Lugo-Sánchez & Libertad, Zamorano-García & Ramírez-Suárez, Juan & Martinez-Porchas, Marcel. (2024). Mince from Tilapia-Backbone: Effects of Washing and Cryoprotectant Addition during Frozen Storage. *Journal of Food Research*. 5. 32-32. 10.5539/jfr.v5n5p32.
- Wetterskog, D. and Undeland, I. (2004). Loss of Redness (a^*) as a Tool To Follow Hemoglobin-Mediated Lipid Oxidation in Washed Cod Mince. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7214-7221.