

Rendimiento productivo y características de la carne de tilapia (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con *Moringa oleífera*

Performance and characteristics of tilapia (*Oreochromis niloticus*) meat feed with *Moringa oleífera*

Gabriela de Jesús Bielma-Sarabia¹ , José Guadalupe Gamboa-Alvarado^{1*} , Serafín Jacobo López-Garrido¹ , Narciso Ysac Ávila-Serrano¹ , Marco Antonio Camacho-Escobar¹ , José Arturo Martínez-Vega² 

¹Maestría en Producción y Sanidad Animal. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Ampliación Universidad, CP. 71980. Carretera Vía Sola de Vega Km 1.5. Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México.

²Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Colonia el Faro, CP. 70902. Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México.

*Autor de correspondencia: alvarado@aulavirtual.umar.mx

Artículo científico

Recibido: 18 de marzo 2024

Aceptado: 07 de noviembre 2025

RESUMEN. El objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de moringa y desechos de barrilete en las dietas de tilapia en rendimiento productivo y características de la carne. Se evaluaron tres dietas: Mo10 = 10% de moringa, Mo20 = 20% de moringa y DAco = Alimento comercial. El rendimiento productivo se registró cada semana, las características de canal y filete se analizaron al sacrificar los peces. El estudio tuvo una duración de siete semanas, las variables se analizaron mediante la prueba Tukey ($P < 0.05$), para la talla se analizaron correlaciones del conjunto de datos. Las variables productivas tuvieron mejor respuesta ($P < 0.05$) con las dietas de harina de moringa. Existieron diferencias ($P < 0.05$) entre las variables morfométricas de talla en relación con la variable independiente peso, siendo mayor para Longitud Parcial, Longitud Máxima y Longitud Total. Los peces que consumieron las dietas no mostraron diferencias ($P > 0.05$) en el rendimiento de la canal. Las características físicas del filete mostraron diferencias ($P < 0.05$). La temperatura fue mayor con Mo20 a los 45 minutos y menor a las 24 horas *post-mortem*. Los filetes de tilapia con DAco tendieron hacia el color rojo(a*), mientras que con Mo10 y Mo20 los filetes tendieron hacia un color amarillo (b*). En la pérdida por goteo, el filete con DAco perdió casi el doble de agua que Mo20. Se concluye que la inclusión de 10 y 20% de harina de moringa en la dieta de tilapia mejoró el rendimiento productivo y no afectó las características de la canal y filete.

Palabras clave: Evaluación, dietas moringa, ganancia peso, calidad filete, tilapia.

ABSTRACT. The objective was to evaluate the effect of including moringa flour and skipjack fish waste in tilapia diets on productive performance and meat characteristics. Three diets were evaluated: Mo10 = 10% moringa, Mo20 = 20% moringa and DAco = Commercial food. Productive performance was recorded every week, carcass and fillet characteristics were analyzed when the fish were slaughtered. The study lasted seven weeks, the means were analyzed using the Tukey test ($P < 0.05$), for height correlations were analyzed for the data set. The productive variables had a better response ($P < 0.05$) with the moringa flour diets. There were differences ($P < 0.05$) between the morphometric variables of height in relation to the independent variable weight, being greater for Partial Length, Maximum Length and Total Length. The fishes that consumed the diets did not present differences ($P > 0.05$) in carcass yield. The physical characteristics of the fillet showed differences ($P < 0.05$). The temperature was higher with Mo20 at 45 minutes and lower at 24 hours *post-mortem*. The tilapia fillet with DAco tended towards red (a*), while with Mo10 and Mo20 the fillets tended towards a yellow color (b*). In drip loss, the fillet with DAco lost almost twice as much water as Mo20. It is concluded that the inclusion of 10 and 20% of moringa flour in the tilapia diet improved productive performance and did not affect the characteristics of the carcass and fillet.

Keywords: Evaluation; moringa diets; weight gain; fillet quality; tilapia.

Como citar: Bielma-Sarabia G de J, Gamboa-Alvarado JG, López-Garrido SJ, Ávila-Serrano NY, Camacho-Escobar MA, Martínez-Vega JA (2026) Rendimiento productivo y características de la carne tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) alimentadas con *Moringa oleífera*. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13(1): e4072. DOI: 10.19136/era.a13n1.4072.

INTRODUCCIÓN

En Oaxaca existen productores de tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758), en regiones como el Istmo de Tehuantepec, Costa, Valles Centrales, Mixteca y Cuenca del Papaloapan (SAGARPA 2016); esta actividad ha surgido como una estrategia para el desarrollo de comunidades rurales que contribuyen a la seguridad alimentaria al generar un alimento de alta calidad nutricional, además de empleo e ingresos para las familias (Vega-Villasante *et al.* 2010). La cría de la tilapia se realiza en jaulas, embalses, estanques rústicos o semi- tecnificados (SAGARPA 2016). Cuando se intensifica la producción, los animales ya no obtienen suficientes nutrientes del alimento natural (*fitoplancton* y *zooplancton*), por lo que se hace necesario proporcionar un alimento balanceado (Afram *et al.* 2021). Dado que la alimentación representa el rubro de mayor inversión y en ocasiones es difícil adquirir el alimento comercial debido a su alto costo. Por esta razón algunos productores optan por la elaboración de dietas alternativas con ingredientes disponibles en la región que generalmente no satisfacen las necesidades nutricionales de los peces (Hezron *et al.* 2019).

En la alimentación de la tilapia se han utilizado subproductos de la pesca y productos vegetales con el propósito de disminuir el uso de harinas de carne y pescado debido a los altos costos e impacto ambiental (Montoya *et al.* 2018). En la costa de Oaxaca se cuenta con numerosos recursos marinos usados para el consumo humano, uno de estos es el pescado barrilete altamente consumido en la región (Viteri *et al.* 2023), sin embargo, sus desperdicios no son aprovechados. De acuerdo con Melenchón (2022), la harina de los desperdicios de barrilete es una alternativa de alimento adecuado para el bagre, porque no afecta su crecimiento.

En condiciones naturales la mayoría de las tilapias tienen una tendencia a ser herbívoras, pero las tilapias del Nilo son principalmente omnívoras (Díaz-Cachay *et al.* 2023), su alimentación se basa en *fitoplancton*, *zooplancton*, *detritus*, invertebrados y pequeños insectos (Boyd *et al.* 2020). Otros ingredientes vegetales como las harinas de soya, sorgo, trigo y maíz tienen mayor disponibilidad y son más baratas, por lo que es común su uso en la formulación de dietas (Montoya *et al.* 2018). En los últimos años se utilizan otros ingredientes alternativos como la *Moringa Oleífera* como parte de las dietas de tilapia debido a sus propiedades nutricionales, esta planta se encuentra ampliamente distribuida sobre la franja costera del estado de Oaxaca (Olson y Alvarado 2016). Sin embargo, al igual que los desperdicios del barrilete, estos ingredientes no han sido aprovechados en la alimentación animal en la costa de Oaxaca. Se ha reportado que la alimentación con moringa mejora la calidad de la carne de cerdos, pollos y cabras (Falowo *et al.* 2018), tiene impacto en la terneza, sabor y color (Cohen-Zinder *et al.* 2017), lo que sin duda influye en el aumento de su comercialización y consumo (Dufflocq *et al.* 2017). Se han realizado estudios donde se ha reportado que la moringa contiene fitoquímicos como taninos, esteroides, triterpenoides, flavonoides, saponinas, antraquinonas y alcaloides (Padilla-Santamaría y Cruz-Balderrabano 2016), y una mezcla de compuestos fenólicos como quercentina, zeatina, apigenina y kaempferol (Ibrahim *et al.* 2019). La moringa se ha utilizado como suplemento en la alimentación humana, debido a su alto contenido de proteínas (24%), vitaminas y minerales, tiene una buena gustocidad, además tiene efectos curativos antiparasitarios y antibacteriales (Guzmán *et al.* 2015). También se ha incluido en dietas para pollos de engorda (Nkukwana *et al.* 2014), cerdos y conejos obteniendo buenas ganancias de peso (Brunelis *et al.* 2016).

Para obtener una mayor calidad del pescado es importante ofrecer una adecuada alimentación (Bernardi *et al.* 2013). En tilapias poco se ha estudiado la calidad de la carne con la inclusión de moringa en las dietas, generalmente se evalúan los parámetros productivos y la digestibilidad de la proteína vegetal (Tagwireyi *et al.* 2014). Por lo tanto, es necesario conocer los efectos de la adición de harina de moringa en la dieta para evaluar la calidad del musculo y en los cambios químicos y bioquímicos que ocurren después del sacrificio de la tilapia (Falowo *et al.* 2018), debido a que los pescados son considerados un producto altamente perecedero (Bernardi *et al.* 2013). El barrilete negro es un pez con un alto valor proteico de 88.20% en base seca, con adecuado perfil de aminoácidos esenciales, tiene poca importancia en las pesquerías comerciales, aproximadamente el 54% son descargas como subproductos o desechos que incluyen la cabeza, aletas, piel, carne negra y vísceras (Hernández *et al.* 2013). La carne de este pez tiene características sensoriales poco atractivas para el consumidor debido a su coloración roja (por el alto contenido de hierro), olor y aromas fuertes. Se ha propuesto el uso de los desperdicios de este pescado para alimentar otros peces, dado su alto contenido de proteína (46%). Al respecto, Delgado *et al.* (2013) han reportado que la inclusión de harina de desperdicios de barrilete no afecta el crecimiento de los bagres. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar el desempeño productivo, calidad de la canal y características fisicoquímicas de la carne de tilapias alimentadas con dietas que contienen harina de hojas de *Moringa oleífera* y harina de deshechos de pescado barrilete.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y obtención de los organismos

Se utilizaron 90 Tilapias de sexo masculino revertidos en etapa de engorda con peso vivo de 200 a 300 g, con una edad de 165 días. Fueron adquiridos en la Unidad de Producción Acuícola “Dos pececillos”; Ubicada en el Municipio de San Gabriel Mixtepec en la localidad Santo Niño, Estado de Oaxaca. Los peces fueron trasladados a las instalaciones del laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel. Posteriormente fueron sembrados un lote de 90 organismos en piletas que contaban con oxigenación constante, con medidas de 2.98 m de largo, 1.4 m de ancho, 0.72 m de alto y 0.57 de altura del agua. Los peces se aclimataron durante siete días antes de iniciar el experimento, fueron alimentados a saciedad aparente tres veces al día. Se utilizaron 3 dietas, una comercial testigo (Malta Cleyton, Grow fish® 2 Tilapia) y dos dietas elaboradas con la adición de harina de moringa y harina de desechos de barrilete. Las dietas, la evaluación de canal y carne de las tilapias fueron realizados en el laboratorio de Tecnología de Productos Pecuarios de la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido.

Diseño experimental

El experimento fue realizado en la Unidad Acuícola Experimental en las instalaciones del laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel, Distrito de Pochutla, Oaxaca, México con ubicación geográfica Latitud 15° 39' 59.04" LN, Longitud 096° 29' 35.44" LO. Los peces se distribuyeron de manera aleatoria en 3 estanques, se alojaron 30 organismos por tratamiento en cada estanque. Posteriormente los peces fueron identificados con etiquetas

enumeradas de color naranja mediante una pistola etiquetadora de la Marca Avery Denninson ® Mark III Pistol Grip Tool N0 10651.

Se evaluaron 3 dietas, una a base de alimento comercial y dos dietas elaboradas, en las que se incluyó harina de moringa en 10 y 20%. Los organismos se alimentaron 3 veces al día durante un periodo de 64 días. Se utilizó un diseño completamente al azar, cada organismo se consideró como una unidad experimental. Se evaluaron las variables productivas que comprendieron talla, ganancia diaria de peso, factor de conversión alimenticia y tasa de mortalidad. Por otra parte, se evaluaron las variables de calidad como rendimiento en canal y rendimiento en filete. Además, se evaluaron las variables de calidad de carne como pH, color, capacidad de retención de agua y pérdida por goteo.

Elaboración de las dietas

Las dos dietas se elaboraron con hojas de moringa y desechos de pescado barrilete, ambos ingredientes se desecaron en un horno, se molieron en un molino para obtener harina. Ambas harinas fueron enviadas al Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, para su análisis químico proximal (AOAC 2005). Con la información obtenida se realizaron dos dietas mediante el método Solver de Excel descrito por Zalapa (2011) donde se incluyó harina de moringa en 10 y 20% respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales utilizadas en la alimentación de tilapias

Ingrediente	Dietas Cantidad para 100g		
	Mo10	Mo20	DAco
Harina de Moringa	10.00	20.00	-
Harina de desechos de Barrilete	27.76	26.14	-
Pasta de Soya	31.02	28.98	-
Harina de Trigo	9.11	5.90	-
Harina de Maíz	13.11	10.00	-
Aceite	5.00	5.00	-
Vitaminas	2.00	2.00	-
Grenetina	2.00	2.00	-
Composición química (% MS)			
Materia seca	94.79	95.82	92.43
Materia orgánica	84.17	84.19	92.38
Proteína cruda	33.00	34.00	32.60
Extracto etéreo	9.86	10.51	3.89
Cenizas	15.83	15.81	7.62
Fibra cruda	1.28	3.06	3.88
ELN	40.04	36.49	52.02
EM (Kcal/Kg MS)	2942	2937	2930

Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de moringa, DAco = Dieta alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia), ELN = Extracto Libre de Nitrógeno, y EM = Energía Metabolizable.

Los ingredientes de cada dieta se mezclaron hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente ambas mezclas fueron pasadas por un molino de carne para formar los pellets que fueron secados en una estufa a 60°C, se fragmentaron y se tamizaron para obtener la granulometría adecuada y se almacenaron hasta su uso. A las tres dietas se les realizó la composición química (Tabla 1) en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (AOAC 2005).

Dieta testigo

Se utilizó alimento comercial Malta Cleyton (Grow fish® 2 Tilapia) que contenía 32.60% de proteína, maíz, sorgo, trigo, pastas oleaginosas, harina de pescado, harina de carne, solubles de pescado, subproductos de ave, pulido de arroz, aceite de soya, aceite de pescado, vitaminas y minerales.

Alimentación y rendimiento productivo

Durante el experimento los animales se alimentaron 3 veces al día de acuerdo con la metodología reportada por Torres y Hurtado (2012), el alimento de las tres dietas se ajustó semanalmente proporcionando el 1% de la biomasa total (SENASICA 2018), se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Peso promedio} = \frac{(\text{Peso total de peces medidos})}{(\text{Numero de peces medidos})}$$

$$\text{Biomasa} = \text{Peso promedio} * \text{Número de peces en el estanque}$$

$$\text{Ración de alimento} = \text{Biomasa} * \% \text{ de alimento ofrecido}$$

Los animales se alimentaron durante 64 días hasta que alcanzaron un peso promedio de 400 g, posteriormente se procedió a su sacrificio para evaluar la calidad de canal y la carne.

Variables Productivas

La longitud total, longitud parcial y altura fue obtenida semanalmente con un ictiometro (Aquatic Ecosystem), de acuerdo con la metodología descrita por Chavacán y Castro (2013). La ganancia diaria de peso individual (GDP) de los animales se registró semanalmente con una balanza digital (L-PCR Marca Tor-Rey® de 0 a 5 000 g), con la fórmula descrita por Aguilar *et al.* (2010):

$$\text{GDP} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Tiempo}}$$

La Conversión alimenticia por semana se calculó con la cantidad ofrecida de alimento en cada estaque entre el peso ganado de los animales, se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{FCA} = \frac{\text{Alimento ofrecido}}{\text{Peso Ganado}}$$

La tasa de mortalidad se estimó como la relación entre el número de animales inicial y el número de peces muertos en cada semana. La supervivencia se determinó restando a 100 el porcentaje de mortalidad (Aguilar *et al.* 2010):

$$\text{Mortalidad} = \frac{\text{número de peces muertos}}{\text{número de peces inicial}} * 100$$

$$\text{Supervivencia} = 100 - \text{Mortalidad}(\%)$$

Sacrificio de los peces. Se sacrificaron, mediante la técnica de clavija perforadora o ikel jimmel (OIE 2018). Los animales sacrificados se colocaron en agua con hielo, posteriormente se procedió a la obtención de los filetes y fueron conservados en hielo hasta su posterior análisis.

Variables de calidad de la canal

Se evaluó el rendimiento que incluyó el peso entero, peso eviscerado y peso del filete (Rojas-Runjaic *et al.* 2011, Mora 2005). Las fórmulas para determinar rendimiento en canal y en filete fueron las siguientes:

$$\text{Rendimiento en canal} = \frac{\text{Peso eviscerado}}{\text{Peso entero}} * 100$$

$$\text{Rendimiento en filete} = \frac{\text{Peso del filete}}{\text{Peso entero}} * 100$$

Variables de calidad de carne

En los filetes se midieron las características de calidad de la carne dentro de la cámara de refrigeración (Alarcón *et al.* 2006). El pH se midió mediante la metodología descrita por Braña-Varela *et al.* (2011). La medición se realizó en dos tiempos a 45 min post-mortem (pH 45) y a 24 h post-mortem (pH 24), se utilizó un potenciómetro (Marca Hanna® modelo HI 99163). La temperatura de los filetes se determinó en dos tiempos a 45 min post-mortem (pH 45) y a 24 h post-mortem (pH 24), con un potenciómetro/termómetro con electrodo de inserción (Marca Hanna® modelo HI 99163). Para determinar el color del filete se expuso la muestra al ambiente dejándola reposar por 30 min, con un espectrofotómetro de esfera (X-rite® Modelo HI SP60), se registraron los valores de luminosidad (L^*), intensidad del rojo (a^*) e intensidad del amarillo (b^*), de acuerdo con la metodología descrita por Braña-Varela *et al.* (2011). La capacidad de retención de agua (CRA) se determinó 24 h post mortem, se pesaron muestras de 0.3 g de cada filete con una balanza analítica (Marca Denver Instrument MMX-412) con capacidad de 410 g; y precisión de 0.01 g. Cada muestra se colocó entre dos papeles de filtro, que se ubicaron entre dos placas sobre las que se aplicó una presión de 10 kg durante 15 min, posteriormente se retiró el peso y se separó la muestra del papel, se eliminaron restos de tejido. Para determinar el porcentaje CRA se utilizó la formula descrita por Braña-Varela *et al.* (2011):

$$\text{Agua libre} = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Final}} * 100$$

$$\text{CRA}(\%) = 100 - \text{Agua libre}(\%)$$

La pérdida de agua por goteo (PG) se realizó a 24 h post-mortem, de acuerdo con La metodología reportada por Braña-Varela *et al.* (2011). La PG se determinó con la siguiente formula:

$$\text{PG} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} * 100$$

Análisis estadístico

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%, se utilizó el procedimiento PROC GLM de SAS (2003). En caso de la talla se analizaron correlaciones para todo el conjunto de datos entre todas las variables estudiadas, para determinar sus relaciones se utilizó el procedimiento PROC CORR de SAS (García *et al.* 2006).

RESULTADOS

Desempeño productivo

Características productivas. Se presentan los resultados sobre consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y supervivencia (Tabla 2).

Tabla 2. Respuesta media ($\bar{X} \pm EE$) en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y supervivencia en tilapias alimentadas con distintas dietas

Variable	Dietas		
	Mo10	Mo20	DAco
Alimento ofrecido (g/día)	25.65 $\pm$ 0.24 ^a	25.65 $\pm$ 0.29 ^a	25.43 $\pm$ 0.22 ^b
Ganancia de peso (g/día)	1.57 $\pm$ 0.06 ^a	1.65 $\pm$ 0.70 ^a	1.31 $\pm$ 0.07 ^b
Factor de conversión alimenticia	3.44 $\pm$ 0.17 ^b	3.36 $\pm$ 0.19 ^b	4.32 $\pm$ 0.25 ^a
Supervivencia (%)	99.51 $\pm$ 0 ^a	97.81 $\pm$ 0 ^a	93.30 $\pm$ 0 ^b

$\bar{X}$ = Media, EE = Error Estándar, a, b = Medias con diferente literal en la misma hilera difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$), Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, y DAco = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia).

Se presentó mayor consumo de alimento ($P < 0.05$) en las dietas con 10% (Mo10) y 20% (Mo20) de moringa con respecto a la dieta de alimento concentrado (DAco). Se registró una mejor conversión alimenticia ($P < 0.05$) en las dietas Mo10 y Mo20 con relación a dieta DAco, en esta dieta los animales presentaron un rechazo de 10% aproximadamente. El porcentaje de supervivencia fue mayor ($P < 0.05$) en las dietas que contenían 10% (Mo10) y 20% (Mo20) de moringa que en la dieta de alimento comercial (DAco).

Se tuvo mayor consumo de alimento ($P < 0.05$) en las dietas con 10% (Mo10) y 20% (Mo20) de moringa con respecto a la dieta de alimento concentrado (DAco). La mayor ganancia de peso ($P < 0.05$), la tuvieron las dietas Mo10 y Mo20 con respecto a la dieta DAco. Se registro una mejor conversión alimenticia ($P < 0.05$) en las dietas Mo10 y Mo20 con relación a dieta DAco, en esta dieta los animales presentaron un rechazo de 10% aproximadamente. El porcentaje de supervivencia fue mayor ($P < 0.05$) en las dietas que contenían 10% (Mo10) y 20% (Mo20) de moringa que en la dieta de alimento comercial (DAco). En general, el promedio de los pesos vivos de los animales en las 9 semanas de experimentación no mostró diferencias ($P > 0.05$) con las distintas dietas (Tabla 3). Las Tablas 4 y 5 presentan el coeficiente de correlación y la ecuación de predicción de las dietas con las distintas variables evaluadas.

Tabla 3. Comparación de medias ($\bar{X} \pm \text{EE}$) de los pesos vivos (g) de tilapias alimentadas con las dietas experimentales.

Edad		Dietas		
Semanas	Días	Mo10	Mo20	DAco
Inicial	165	298.48 $\pm$ 6.98 ^a	302.62 $\pm$ 6.18 ^a	315.00 $\pm$ 6.84 ^a
Semana 1	172	316.00 $\pm$ 7.16 ^a	312.37 $\pm$ 6.55 ^a	324.95 $\pm$ 7.11 ^a
Semana 2	180	324.60 $\pm$ 7.48 ^a	323.37 $\pm$ 8.05 ^a	333.80 $\pm$ 7.39 ^a
Semana 3	186	331.88 $\pm$ 7.54 ^a	332.95 $\pm$ 7.62 ^a	339.05 $\pm$ 7.6 ^a
Semana 4	193	336.96 $\pm$ 7.62 ^a	342.37 $\pm$ 8.31 ^a	345.65 $\pm$ 7.73 ^a
Semana 5	201	350.08 $\pm$ 8.14 ^a	346.45 $\pm$ 10.41 ^a	350.45 $\pm$ 6.64 ^a
Semana 6	208	366.04 $\pm$ 8.75 ^a	362.95 $\pm$ 9.29 ^a	359.65 $\pm$ 8.37 ^a
Semana 7	214	377.72 $\pm$ 9.20 ^a	377.45 $\pm$ 10.46 ^a	370.40 $\pm$ 9.13 ^a
Semana 8	221	391.24 $\pm$ 9.80 ^a	391.58 $\pm$ 11.61 ^a	391.10 $\pm$ 10.69 ^a
Semana 9	228	397.88 $\pm$ 10.10 ^a	406.50 $\pm$ 12.87 ^a	398.80 $\pm$ 11.34 ^a

$\bar{X}$ = Media, EE = Error Estándar, a = Medias con la misma literal en la misma hilera no indican diferencias significativas ($P > 0.05$), Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, y DAco = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia).

Tabla 4. Coeficiente de correlación entre las variables de talla en tilapia por tratamiento.

Variable	Dieta Mo10					
	Edad	Peso	LT	LP	LM	Lm
Edad	1.00	0.59*	0.60*	0.69*	0.50*	0.66*
Peso		1.00	0.87*	0.90*	0.86*	0.89*
LT			1.00	0.91*	0.72*	0.85*
LP				1.00	0.76*	0.86*
LM					1.00	0.78*
Lm						1.00
	Dieta Mo20					
	Edad	Peso	LT	LP	LM	Lm
Edad	1.00	0.50*	0.47*	0.45*	0.35*	0.61*
Peso		1.00	0.68*	0.73*	0.86*	0.78*
LT			1.00	0.67*	0.56*	0.54*
LP				1.00	0.61*	0.60*
LM					1.00	0.65*
Lm						1.00
	Dieta DAco					
	Edad	Peso	LT	LP	LM	Lm
Edad	1.00	0.52*	0.43*	0.42*	0.18*	0.60*
Peso		1.00	0.88*	0.74*	0.76*	0.74*
LT			1.00	0.77*	0.67*	0.61*
LP				1.00	0.53*	0.51*
LM					1.00	0.49*
Lm						1.00

Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, DAco = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia), LT = Longitud total, LP = Longitud parcial, LM = Longitud máxima, Lm = Longitud mínima, y * = Los números con asterisco indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Tabla 5. Ecuaciones de predicción para las dietas experimentales.

Dietas	Ecuación de predicción	n	R ²	P ≥ 0.05
Mo10	Y = -345.42+105.00 Lm +13.69 LT	250	0.83	0.0001
Mo20	Y = -486.62+143.74 Lm +14.14 LT	260	0.69	0.0001
DAco	Y = -489.02+24.62 LT +60.84 Lm	200	0.83	0.0001

Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, y DAco = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia).

Para la variable talla, se encontró significancia ($P < 0.05$) en todas las variables morfométricas con relación a la variable independiente peso. La dieta Mo10 tuvo una correlación positiva de mayor intensidad en las variables dependiente longitud parcial (0.90), longitud mínima (0.89) y longitud total (0.87). Para la dieta DAco se observa mayor intensidad en longitud máxima (0.86), longitud mínima (0.78) y longitud parcial (0.73). Para la dieta DAco la mayor intensidad en longitud total (0.88), longitud máxima (0.76) y longitud mínima (0.74).

Calidad de la canal

No se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre los parámetros de calidad de la canal que incluyeron peso entero, peso eviscerado, peso del filete, rendimiento de la canal y rendimiento en filete con las distintas dietas evaluadas (Tabla 6).

Tabla 6. Comportamiento medio ($\bar{X} \pm EE$) variables de calidad de canal de tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Variables	Dietas		
	Mo10	Mo20	DAco
Peso entero (g)	397.88 ± 10.10 ^a	406.50 ± 12.87 ^a	398.80 ± 11.34 ^a
Peso Eviscerado (g)	360.67 ± 9.91 ^a	358.11 ± 12.88 ^a	361.00 ± 10.67 ^a
Peso del filete (g)	85.39 ± 3.28 ^a	86.81 ± 4.02 ^a	89.15 ± 3.21 ^a
Rendimiento en canal (%)	92.83 ± 0.21 ^a	91.71 ± 1.02 ^a	92.16 ± 0.32 ^a
Rendimiento en filete (%)	21.87 ± 0.44 ^a	22.05 ± 0.44 ^a	22.68 ± 0.26 ^a

$\bar{X}$ = Media, EE = Error Estándar, a = Medias con la misma literal en la misma hilera no difieren estadísticamente ($P > 0.05$), Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, y DAco = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia).

Calidad de carne

En las características fisicoquímicas los filetes de tilapia alimentados con distintas dietas se presentaron diferencias ($P < 0.05$). En el pH45 no se encontraron diferencias ($P > 0.05$), éste se mantuvo en la neutralidad para los tres tratamientos (Tabla 7). Para el pH24 no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) en los filetes de tilapias alimentadas con las distintas dietas, el cual tendió hacia la acidez. Para el T45 se tuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) con la dieta Mo20, donde la temperatura fue mayor ($P < 0.05$) que con las dietas Mo10 y DAco. Para T24, la temperatura fue menor en los filetes con la dieta Mo20. En los resultados de luminosidad (L^*) de los filetes no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) con las distintas dietas, estos valores generalmente son más altos en carne blanca dado el reflejo de la luz. En las tilapias alimentadas con la dieta DAco se observó un color rojo (a^*) ligeramente mayor ($P < 0.05$). El filete de los animales alimentados con la dieta

Daco registró el menor color amarillo (b^*), en contraste, Mo10 fue el filete que presentó mayor tendencia al color amarillo ($P < 0.05$). En la capacidad de retención de agua de los filetes no se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) en las distintas dietas evaluadas. Los resultados de la pérdida por goteo mostraron que los filetes de las tilapias alimentadas con la dieta Mo20 registró la menor cantidad de agua por goteo ($P < 0.05$), lo cual indica menor cantidad de agua extracelular.

Tabla 7. Comparación de medias ($\bar{X} \pm \text{EE}$) en variables de calidad de filetes de tilapia alimentadas con distintas dietas experimentales.

Variables	Dietas		
	Mo10	Mo20	DACO
pH ₄₅	7.09 $\pm$ 0.034 ^a	7.11 $\pm$ 0.02 ^a	7.08 $\pm$ 0.03 ^a
pH ₂₄	6.35 $\pm$ 0.02 ^a	6.35 $\pm$ 0.03 ^a	6.31 $\pm$ 0.02 ^a
T ₄₅	16.34 $\pm$ 0.58 ^b	19.37 $\pm$ 0.61 ^a	16.28 $\pm$ 0.81 ^b
T ₂₄	11.21 $\pm$ 0.34 ^a	9.70 $\pm$ 0.35 ^b	10.95 $\pm$ 0.38 ^a
Color			
L*	50.84 $\pm$ 0.63 ^a	48.63 $\pm$ 0.57 ^a	49.08 $\pm$ 0.86 ^a
a*	-1.23 $\pm$ 0.09 ^b	-1.52 $\pm$ 0.10 ^b	-1.85 $\pm$ 0.06 ^a
b*	+6.62 $\pm$ 0.41 ^a	+5.54 $\pm$ 0.43 ^{ab}	+4.38 $\pm$ 0.43 ^b
CRA (%)	49.08 $\pm$ 5.35 ^a	46.48 $\pm$ 4.11 ^a	41.25 $\pm$ 6.05 ^a
PG (%)	3.79 $\pm$ 0.33 ^a	2.16 $\pm$ 0.29 ^b	4.29 $\pm$ 0.43 ^a

$\bar{X}$ = Media, EE = Error Estándar, a, b = Medias con diferente literal difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$), Mo10 = Dieta con inclusión de 10% de Moringa, Mo20 = Dieta con inclusión de 20% de Moringa, DACO = Dieta Alimento comercial (Malta Cleyton Grow fish® 2 Tilapia), pH₄₅ = pH 45 minutos *post-mortem* (°C), pH₂₄ = pH 24 horas *post-mortem* (°C), T₄₅ = Temperatura 45 minutos *post-mortem* (°C), T₂₄ = Temperatura 24 horas *post-mortem* (°C), L* = Luminosidad, a* = Color Rojo, b* = Color amarillo, CRA = Capacidad de Retención de Agua, y PG = Pérdida por goteo.

DISCUSIÓN

Desempeño productivo

El consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la sobrevivencia de las tilapias presentó mejores resultados con las dietas que incluyeron 10% (Mo10) y 20% (Mo20), de harina de moringa, debido a que las tilapias son peces que se pueden adaptar a diferentes tipos de alimentos (Alcántar *et al.* 2014). En otras investigaciones se han incluido en las dietas de peces niveles de 10 y 20% de moringa en sustitución de harina de pescado, se han obtenido resultados en crecimiento, ganancia de peso y conversión alimenticia similares al presente estudio (Rivas-Vega *et al.* 2012). En contraste, Richter (2003) indica que la inclusión de más de 10% de harina de moringa en la dieta para tilapia no es recomendable porque disminuye el crecimiento, lo cual se atribuye al contenido de metabolitos secundarios como saponinas y flavonoides que tienen un efecto tenso activo en la membrana celular, permitiendo la permeabilidad de la mucosa intestinal, dificultando el transporte de los nutrientes lo que reduce su biodisponibilidad y la digestibilidad de las proteínas. Sin embargo, otra investigación reporta que la harina de hojas de moringa cruda extraída con solvente podría incluirse en dietas para peces hasta en 33%, debido a la inactivación de los

metabolitos secundarios (Afuang *et al.* 2003). Por otra parte, Madalla *et al.* (2013) enfatizan que la supervivencia de los peces aumenta como respuesta al aumento de la inclusión de moringa en la dieta, reportando una sobrevivencia de 80% en una dieta comercial; 86% de sobrevivencia con inclusión de 15% de moringa y 86.67% de sobrevivencia con 30% de inclusión de moringa en la dieta, los anteriores resultados fueron menores a los obtenidos en el presente estudio.

La moringa es una planta con alto contenido de antioxidantes, que disminuyen el estrés oxidativo celular causado por los radicales libres que dañan su función (Padilla-Santamaría y Cruz-Balderrabano 2016). Lo anterior puede explicar que con la inclusión de 10 y 20% de moringa en las dietas aumentó la sobrevivencia de las tilapias, ya que también promueve mayor aprovechamiento de glucosa, favoreciendo con ello el aporte de energía para los tejidos (Ibrahim *et al.* 2019). Las variables con mayor intensidad de correlación fueron longitud parcial, longitud máxima y longitud mínima, estos resultados contrastan con los obtenidos por Delgado *et al.* (2009) quienes obtuvieron una correlación mayor (0.98) en la variable longitud, también mencionan que las relaciones biométricas proporcionan información acerca de la manera en que varían entre sí las dimensiones del cuerpo de los organismos, las que también son afectadas por el medio ambiente. Sobre lo mismo Araújo *et al.* (2015) coinciden en que la calidad de la dieta y la genética de la especie intervienen en los parámetros morfométricos. Sin embargo, también sugieren que estas variables pueden estar correlacionadas con los hábitos alimenticios de la especie ya sean carnívoros o herbívoros, los valores de longitud total, longitud parcial y longitud máxima pueden ser consideradas al seleccionar una alimentación específica en caso de hibridación de especies. También Araújo *et al.* (2015) consideran que la morfometría es una herramienta para los criterios de selección y puede medir la velocidad de crecimiento; también estimaron la correlación entre el peso corporal, altura ancho y longitud, estas correlaciones fueron positivas obteniendo valores entre peso y rasgos morfométricos de 0.66 a 0.90, en todas las edades fueron altos en un experimento con animales de 119 a 231 días de edad. En contraste, en el presente estudio la edad no tuvo influencia en los rasgos morfométricos, lo que coincide con Magouz *et al.* (2016), quienes reportan que la *Moringa oleífera* se puede incluir en la alimentación entre 10 y 12% sin afectar el peso en juveniles de tilapia.

Calidad de la canal

Los resultados del presente estudio fueron superiores a los reportados por Rojas-Runjaic *et al.* (2011) quienes obtuvieron rendimientos en canal de 68.20% en tilapias de 375 g de peso, también fueron superiores a los reportados por Perdomo *et al.* (2017) quienes obtuvieron 81.92% en canal para tilapias de 352 g de peso. En cuanto a rendimiento en filete con piel el mismo autor reportó 42.88%; mientras que Simões *et al.* (2007) obtuvieron 21.63% para filete con piel y 17.38% sin piel para tilapias nilótica tailandesa de 440 g. Los resultados en el presente estudio fueron mayores a los obtenidos por los anteriores autores, siendo de 21.87% para la dieta Mo10, 22.05% para Mo20 y 22.68 para DAco. También Simões *et al.* (2007) reportan que en el proceso de retiro del filete y de la piel se pierde casi 70% de músculo. En otras especies como el besote, Eslava (2009) menciona que se considera aceptable un valor de rendimiento en filete que oscile entre 20% y el 40% y que lo más común son fluctuaciones entre 30% y el 35%. También García *et al.* (2006) obtuvieron para trucha (*Oncorhynchus mykiss*) un rendimiento en canal y filete de 86 y 53%, respectivamente. Además, reportan que la calidad de canal es afectada por la variabilidad genética, y por la alimentación,

debido a que los animales con peso mayor a 200 g presentan mayor deposición grasa en las vísceras al aumentar la energía en la dieta.

Calidad de carne

El método de sacrificio influye directamente en la presentación del rigor mortis (Goes-Reis *et al.* 2018). En el presente estudio se usó la técnica de sacrificio ike jime o clavija perforadora, con esta técnica Duque-Salazar *et al.* (2019) redujo la muerte de 1 a 5 min como máximo, obteniendo un mejor desangrado en los peces, lo cual redujo el estrés, retrasando el rigor mortis. Este método de sacrificio reduce la velocidad de oxidación, disminuye el desgarramiento del filete y aumenta la capacidad de retención de agua en el filete (Marón-Fuenmayor y Zamorano-García *et al.* 2004). En contraste, Castro *et al.* (2016) sacrificaron tilapias el método de hipoxia, y reportaron que no afectó al rigor mortis; sin embargo, reportaron valores pH del filete a 24 h de 7.41, lo que origina la pérdida de agua y favorece la descomposición bacteriana. De acuerdo con Marón-Fuenmayor y Zamorano-García *et al.* (2004) el agua es el factor de mayor importancia durante el enfriamiento de las canales debido a que puede perderse fácilmente por la manipulación. El pH45 del filete en el presente estudio se mantuvo en la neutralidad para las tres dietas. La disminución del pH es el resultado del anabolismo del músculo después de la muerte, lo que produce ácido láctico por el agotamiento del adenosín trifosfato (ATP) lo que inicia el proceso de rigor mortis, donde la actina y la miosina forman el complejo actina-miosina lo que causa la rigidez del cuerpo y la disminución de pH (Wang *et al.* 2018). En peces de carne blanca el rigor mortis sucede más rápido por su bajo contenido de glucógeno. La calidad de la carne está dada por los cambios en niveles de cortisol en la sangre como respuesta primaria y los cambios en glucosa, el lactato y el pH como respuesta secundaria (Díaz y Robotham 2015). Goes-Reis *et al.* (2018) reportaron en filetes de peces estresados un pH de 6.8 a la primera hora y pH de 7.0 a las 24 horas muy parecido al efecto del sacrificio por hipoxia. Los resultados del pH24 obtenidos en el presente estudio fueron similares en las tres dietas, estos resultados coinciden a los obtenidos por Chaijan (2011), quien evaluó los cambios fisicoquímicos del filete de tilapia durante la salazón y reportó un pH muscular post-mortem de 6.24, considera que el pH final del músculo de tilapia es aceptable entre 6.2 y 6.6; estos resultados coinciden con los reportados en el presente estudio con las tres dietas, donde la carne mostró una gradual resolución del rigor mortis (Huss 1988).

En la dieta Daco, el color del filete presentó una tendencia hacia el tono rojo (a^*), lo cual se asocia con la presencia de compuestos hemo. De acuerdo con Valls *et al.* (2004), el color rojo depende del pH, ya que este influye en la oxidación de la oximioglobina a metamioglobina, proceso que provoca cambios del rojo al marrón. En otros estudios se ha observado decoloración en carne de sardina durante el congelamiento, a medida que aumenta la formación de pigmentos rojos (a^*) disminuye la luminosidad (L^*) y el color amarillo (b^*). Sin embargo, esta decoloración es mínima cuando el pH se mantiene entre 5.6 y 6.3. De manera similar, Fonseca *et al.* (2013) reportaron colores similares en filetes de tilapia lavadas y no lavadas. Con base en lo anterior, se puede inferir que los filetes de tilapias alimentadas con dietas que incluyen 10 y 20% de moringa no fueron afectados por la oxidación al ser expuestos al medio ambiente (Qwele *et al.* 2013). El color amarillo (b^*) de los filetes de tilapias alimentados con la dieta comercial (Daco) presentaron menor intensidad de color que con la dieta con 10% de moringa (Mo10), las tilapias alimentadas con esta dieta tuvieron una tendencia al color amarillo, probablemente por los carotenoides presentes en la harina de moringa

(Richter *et al.* 2003). En otro tipo de estudios, Cohen-Zinder *et al.* (2017) reportaron valores altos del color amarillo (b^*) en carne de cerdo al suministrar en la dieta hasta 7% de moringa, atribuyéndolo el color a los betacarotenos presentes en la moringa, con estabilidad en el color y olor hasta por 10 días en refrigeración. También reportaron valores altos de b^* en filetes de cordero alimentados con moringa 24 h después del sacrificio. En luminosidad (L^*) los filetes de las tres dietas del presente estudio tuvieron valores similares, con valores de luminosidad generalmente mayores en la carne blanca dado el reflejo de la luz. En contraste, los valores del presente estudio son menores a los reportados en peces de carne roja como la caballa y la sardina (Alba *et al.* 2019). La pérdida por goteo mide la habilidad del músculo para retener el agua libre por capilaridad y la fuerza de tensión del músculo (Díaz y Robotham 2015). La pérdida por goteo fue mayor para la dieta DAco, perdiendo casi el doble de agua que con la dieta Mo20, por lo que los filetes de tilapias alimentadas con las dietas con 10 y 20% de moringa tuvieron una mejor respuesta. Mientras que Ocampo-Ibañez *et al.* (2009) reportan que la pérdida de agua extracelular sin aplicar una fuerza externa se debe al cambio de las miofibrillas causadas por el rigor mortis, el líquido se acumula en los haces de las fibras y al cortar el músculo drena por gravedad a través de la superficie del corte durante horas o incluso días. En este sentido, Wang *et al.* (2018) indican que la pérdida por goteo puede evitarse si se inhibe la actividad de la ATPasa de acto miosina, que controla la tasa de ciclos cruzados de actina-miosina en el periodo post-mortem. Por su parte Richter *et al.* (2003) reportan que al aumentar los niveles de inclusión de hojas de moringa en la dieta de tilapias aumentó la humedad de los filetes, mientras disminuía la cantidad de lípidos.

CONCLUSIONES

Las dietas con 10 y 20% de harina de moringa tuvieron mejor aceptación del alimento, mejoraron la ganancia de peso y favorecieron la supervivencia de la tilapia en relación con la dieta comercial. La inclusión de moringa en la dieta no afecta los parámetros morfométricos de la talla. El rendimiento en canal y el rendimiento en filete no fueron modificados por las dietas que contenían moringa y barrilete. La influencia de la moringa fue al color amarillo, además, favoreció a preservar su color en su exposición al oxígeno ambiental, y mejoró la capacidad de retención de agua, lo que permitió estabilizar su temperatura en refrigeración. La inclusión de 10 y 20% de harina de hojas de moringa en la dieta de tilapia mejora el rendimiento productivo y no afecta las características de la canal y filete.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México por la beca CONAHCYT otorgada para la realización de los estudios de Maestría. A la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, a la División de Estudios de Posgrado y al Núcleo Académico de Profesores del Posgrado en Producción y Sanidad Animal por el apoyo otorgado para realizar esta investigación. Al M. C. José Arturo Martínez Vega por el apoyo para el uso de las instalaciones del Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Afram F, Agbo NW, Adjei-Boateng D, Eгна H (2021) Effects of feeding strategies on growth performance and economic returns on the production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in fertilized ponds. *Aquaculture Studies* 21(2): 63-73. http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_2_03
- Afuang W, Siddhuraju P, Becker K (2003) Comparative nutritional evaluation of raw, methanol extracted residues and methanol extracts of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance and feed utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research* 34(13): 1147-1159. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00920.x>
- Aguilar F, Afanador-Téllez G, Muñoz-Ramírez AG (2010) Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* var. chitralada) en un ciclo comercial de producción. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 57: 104-118.
- Alarcón RAD, Gamboa-Alvarado JG, Rodríguez-Almeida FA, Grado Ahuir JA, Janacua VH (2006) Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Técnica Pecuaria en México* 44(1): 53-66.
- Alba M, Pérez-Andrés JM, Harrison SM, Bruton NP, Burgess CM, Tiwari BK (2019) High pressure processing on microbial inactivation, quality parameters and nutritional quality indices of mackerel fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 55: 80-87.
- Alcántar JPV, Santos CS, Moreno RD, Estrada AC (2014) Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidad del Papaloapan (SUNEO)-PIFI. Oaxaca, México. 81p. <https://www.unpa.edu.mx/libros/2-Manualproducciontilapia.pdf>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2025.
- AOAC (2005) Métodos oficiales de análisis, 18a ed. Asociación Oficial de Químicos Analíticos. Washington, D.C. USA. 700p. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005. Fecha de consulta: 23 de enero de 2025.
- Araújo-Fernández AF, de Almeida-Silva M, Ramos-de Alvarenga E, de Alencar-Teixeira E, Fonseca-da Silva Junior A, de Oliveira-Alves GF, Moreira-de Salles SC, Guimarães-Manduca L, Maldonado-Turra E (2015) Morphometric traits as selection criteria for carcass yield and body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) at five ages. *Aquaculture* 446: 303-309. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.009>
- Braña-Varela D, Ramírez ERE, Rubio LMS, Sánchez AE, Torrescano GU, Arenas ML, Partida JA, Ponce EA, Rios FG (2011) Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. INIFAP, México. 89p.
- Bernardi DC, Teixeira EM, Queiroz MF (2013) El método del índice para evaluar la frescura y la vida útil del pescado. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 56(4): 587-598.
- Boyd CE, D'Abramo LR, Glencross BD, Huyben DC, Juarez LM, Lockwood GS, McNevin AA, Tacon AGJ, Teletchea F, Tomasso Jr JR, Tucker CS, Valenti WC (2020) Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society* 51: 578-633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- Brunelis V, Pérez E, Fonseca N, Suárez FO, Labrada A, Verdecia L (2016) Inclusión de harina de follaje de *Moringa oleifera* en dietas para cerdos en crecimiento. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 23(1): 38-45.

- Castro PL, Lewandowski ML, Rodríguez de Souza ML, Corandini MF, Alexandre AA, Sary C, Ribeiro RP (2016) Effect of different periods of pre-slaughter stress on the quality of the Nile tilapia meat. *Food Science and Technology* 37(1): 52-58. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.05616>
- Chavacán ML, Castro LA (2013) Manual de la asignatura práctica de medicina y zootecnia acuícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México. 67p.
- Chaijan M (2011) Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle during salting. *Food Chemistry* 129(3): 1201-1210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.110>
- Cohen-Zinder M, Orlov A, Trofimiyuk O, Agmon R, Kabiya R, Shor-Shimoni E, Wagner EK, Hussey K, Leibovich H, Miron J, Shabtay A (2017) Dietary supplementation of *Moringa oleifera* silage increases meat tenderness of Assaf lambs. *Small Ruminant Research* 151: 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.04.021>
- Delgado FK, Ramírez EJ, Rodríguez J, Martínez RE (2013) Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*): caracterización química, instrumental y sensorial. *Universidad y Ciencia* 29(3): 287-300.
- Delgado FK, Gallardo-Collí A, Cuevas-Pérez L, García-Ulloa M (2009) Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13(2): 55-70.
- Díaz-Cachay C, Gamero-Collado B, Álvarez-Verde C, Llontop-Vélez C, Zambrano-Cabanillas AW (2023) Efecto de ensilados de sangre e intestinos de pollo, como sustitutos parciales de la harina de pescado, en el crecimiento de alevinos de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Revista de Investigación Veterinaria Perú* 34(5): 1-15. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i5.24624>
- Díaz-Villanueva J, Robotham H (2015) Comparación de dos métodos de sacrificio en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(2): 287-294.
- Dufflocq J, Lhorente P, Bangera R, Neira R, Newmand S, Yáñez JM (2017) Correlated response of flesh color to selection for harvest weight in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 472: 38-43.
- Duque-Salazar D, Holguín JP, Estrella I, Lomas-Martínez G (2019) Mejoramiento de la calidad en la carne de la trucha arcoíris mediante la técnica de sacrificio Ikejime: caso Ecuador. *Ciencia ergo-sum* 26 (1): 1-14.
- Eslava EP (2009) Estimación de rendimiento y valor nutricional del besote (*Joturus pichardi poey*, 1860 *Pisces: Mugilidae*). *Revista MVZ Córdoba* 14(1): 1576-1586. <https://doi.org/10.21897/rmvz.366>
- Falowo AB, Makumbo F, Idamokoro E, Lorenzo JM, Afolayan A, Muchenje V (2018) Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products: A review. *Food Research International* 106: 317-334. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.079>
- Fonseca GG, Cavenaghi-Altemio AD, Silva MF, Arcanjo V, Sanjinez-Argandoña EJ (2013) Influence of treatments in the quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Food Science Nutrition Research* 1(3): 246-253. <https://doi.org/10.1002/fsn.3.33>
- García JA, Núñez FA, Rentería L, Jiménez JA, Espinosa MR (2006) Calidad de canal y carne de tres variedades de trucha arcoíris *Onchorynchus mykiss* (walbaum). *Hidrobiológica México* 16(1): 11-22.
- Goes-Reis ES, Ferreira de Lara JA, Gasparino E, Douglas-Goes M, Garbelini-Zuanazzi JS, Lopera-Barrero NM, Rodríguez-Rodríguez MP, Luiz-de Castro P, Pereira-Ribeiro R (2018) Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. *Scientia Agricola* 7: 321-328. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0387>
- Guzmán SH, Zamarripa A, Hernández G (2015) Calidad nutrimental y nutraceútica de hoja de moringa provenientes de árboles de diferentes alturas. INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(2): 317-330.
- Hernández J, Aquino JL, Ríos FG (2013) Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *NACAME* 7(2): 41-64.

- Hezron L, Madalla N, Chenyambuga SW (2019) Alternate daily ration as a feeding strategy for optimum growth, nutrient utilization and reducing feed cost in Nile tilapia production. *Livestock Research for Rural Development* 31(7): 113.
- Huss HH (1988) El pescado fresco: Su calidad y cambios de calidad. FAO. Universidad Técnica, Copenhague, Dinamarca. 132p. <https://www.fao.org/3/v7180s/v7180s01.htm>. Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2024.
- Ibrahim RE, El-Houseiny WA, Behairy MF, Mansour YM, Abd-Elhakim (2019) Ameliorative effects of Moringa oleifera seeds and leaves on chlorpyrifos-induced growth retardation, immune suppression, oxidative stress, and DNA damage in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 505: 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.050>
- Madalla N, Agbo W, Jaunce K (2013) Evaluation of Aqueous Extracted Moringa Leaf Meal as a Protein Source for Nile Tilapia Juveniles. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences* 12 (1): 53-64.
- Magouz FI, Eweedah NM, Khalafalla MM, Abouzeid AS (2016) Nutritional evaluation of *Moringa oleifera* leaves as-unconventional feed stuff in the diets of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Journal Agriculture Research. Kafr El-Sheikh Univ* 42(4): 144-155.
- Marón-Fuenmayor OE, Zamorano-García L (2004) Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Revista Científica* 14(1): 1-6.
- Melenchón F, de Mercado E, Pula HJ, Cardenete G, Barroso FG, Fabrikov D, Lourenço HM, Pessoa MF, Lagos L, Weththasinghe P, Cortés M, Tomás-Almenar C (2022) Fishmeal dietary replacement up to 50%: A comparative study of two insect meals for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals* 12: 179. <https://doi.org/10.3390/ani12020179>
- Mora JA (2005) Rendimiento de la canal en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y el híbrido *Colossoma macropomun* x *P. brachypomus*. Procesamiento primario y productos con valor agregado. Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela. *Bioagro* 17(3): 161-169.
- Montoya N, Hernández J, Márquez E, Rodríguez F, Torres W, Castillo F, Canizales D, Ocaña O. (2018). Efecto de la sustitución de proteína animal por vegetal en el alimento sobre la fisiología de la tilapia del Nilo. *Biotechia* 20(2): 37-42. <https://doi.org/10.18633/biotechia.v20i2.598>
- Nkukwana TT, Monchenje V, Pieterse E, Masika PJ, Mabusela TP, Hoffma LC, Dzama K. (2014) Effect of Moringa oleifera leaf meal on growth performance, apparent digestibility, digestive organ size and carcass yield in broiler chickens. *Livestock Science* 161: 139-146.
- Ocampo-Ibañez ID, Bermúdez FM, Díaz H (2009) Efecto del tiempo de almacenamiento, el tipo de músculo y el genotipo animal sobre las pérdidas por goteo en carne cruda de cerdo. *Acta Agronómica* 58(3): 180-188.
- Olson ME, Alvarado C (2016) ¿Dónde cultivar el árbol milagro, ¿*Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. UNAM, Ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1089-1102.
- OIE (2018) Aspectos relativos al bienestar animal en el aturdimiento y el sacrificio de peces de cultivo para el consumo humano. In: OIE, Código Sanitario para los Animales Acuáticos. Paris, Francia. pp. 1-4.
- Padilla-Santamaría F, Cruz-Balderrabano J (2016) Extractos de hojas de *Moringa oleifera* en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus. *Revista Cubana de Medicina Natural y Tradicional* 1(2). <https://revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/39/44>. Fecha de consulta: 30 abril de 2025.
- Perdomo C, Castellanos K, Maffei M, Gechele R, Corredor Z, Piña J, Martínez M, Naranjo A (2017) Comparación morfológica y de los rendimientos cárnicos de dos especies piscícolas continentales criadas en el estado Trujillo, Venezuela. *Revista Academia* 16(37): 83-95.
- Qwele K, Hugo A, Oyedemi SO, Moyo PJ, Muchenje V (2013) Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science* 93: 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.009>

- Richter N, Perumal S, Becker K (2003) Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 217: 599-611. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00497-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00497-0)
- Rivas-Vega ME, López-Pereira JL, Miranda-Baeza A, Sandoval-Muy MI (2012) Sustitución parcial de harina de sardina con *Moringa oleifera* en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Biotecnia* 14(2): 3-10.
- Rojas-Runjaic B, Antonio-Perdomo D, García DE, Gonzalez-Estopiñán M, Corredor Z, Mortinos 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.
- SAGARPA (2016) Comunicado, Oaxaca con potencial en la producción de tilapia. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Delegación Estatal en Oaxaca. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 42p.
- SAS (2010) Statistical Analysis System, User's guide. Version 9.2: SAS Institute. User's Guide: Statistics, Cary, NC, USA Inst. Inc. 60p. [https://datajobs.com/data-science-repo/SAS-Stat-Guide-\[SAS-Institute\].pdf](https://datajobs.com/data-science-repo/SAS-Stat-Guide-[SAS-Institute].pdf). Fecha de consulta: 12 de febrero de 2024.
- SENASICA (2008) Manual de buenas prácticas de producción Acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán, México. 158p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/859902/5_Tilapia.pdf. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2024.
- Simões M, Ribeiro C, Ribeiro S, Park K, Murr F (2007) Physicochemical and microbiological composition and yield of thai-style tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*). *Ciência eTecnologia de Alimentos*. Campinas 27(3): 608-613.
- Tagwireyi T, Mupangwa JF, Jepsen J, Mwera P (2014) The effect of feeding heat treated *Moringa oleifera* (lam) leaf meal on the growth performance of *oreochromis niloticus* fry. *UNISWA Journal of Agriculture* 17: 14-20.
- Torres DM, Hurtado VL (2012) Requerimientos Nutricionales de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia* 16(1): 63-68.
- Valls J, Paredes A, González D, González A (2004) Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita* v.) empacados al vacío y congelados a -18°C. *Revista Científica* 14(2): 1-17.
- Vega-Villasante FF, Cortés-Lara MC, Zúñiga-Medina LM, Jaime-Ceballos B, Galindo-López J, Basto-Rosales MER, Nolasco-Soria H (2010) Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *REDVET* 11(3): 1-15.
- Viteri RP, Guaranda AJ, Chiquito CG, Loor MI, Rodríguez MM, Parra RG (2023) Alternativas de alimentación para *Oreochromis niloticus* en Latinoamérica. *Revista Científica en Ciencias Naturales y Ambientales* 17(2): 501-505.
- Wang AC, Yan Y, Su P, Zhao MM, Xi N, Chen DW (2018) Treatments of tilapia (*Oreochromis niloticus*) using nitric oxide for quality improvement: Establishing a potential method for large-scale processing of farmed fish. *Nitric Oxide* 77: 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2018.04.003>
- Zalapa RA (2011) Balanceo de raciones a mínimo costo. Sitio Argentino de Producción Animal. 7p. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/36-Balanceo.pdf. Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2023.