



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS, CALIDAD DE CANAL Y CARNE DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS CON MORINGA (*Moringa oleifera*)

### TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL**

#### PRESENTA

MVZ Gabriela de Jesús Bielma Sarabia

#### DIRECTOR

Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado

#### CO-DIRECTOR

Dr. Serafín Jacobo López Garrido

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Noviembre 2019



## **DEDICATORIA**

A Dios por acompañarme en el camino a través de personas hermosas de alma que me han brindado la mano en los momentos necesarios.

A Juan y Luna mis pequeños ángeles que alegran mi vida y motivan a ser una mejor persona cada día, los amo.

A mi esposo por su amor y apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos de vida.

A mi madre y hermana por su apoyo y darme fortaleza para enfrentar las adversidades.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Educación y Tecnología (CONACYT) por darme la oportunidad y aceptarme en su programa de posgrado.

A la Universidad del Mar por abrirme las puertas y permitirme realizar este posgrado en sus instalaciones.

Al Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado, al cual admiro por su determinación y visión profesional innovadora que permitió hacer realidad este proyecto además de brindarme su amistad y apoyo en todo momento.

Al Dr. Serafín Jacobo López Garrido, por sus consejos, enseñanzas apoyo y tiempo para guiarme en esta investigación.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano por sus enseñanzas, brindarme su amistad y apoyo en cada momento.

Al Dr. Marco Antonio Camacho Escobar por sus enseñanzas, consejos y dirección.

A la Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez por sus enseñanzas y consejos.

Al Maestro José Arturo Martínez Vega, por sus asesorías y facilidades brindadas que permitieron hacer este proyecto.

A los técnicos del laboratorio de acuicultura de la Universidad de Mar Campus Puerto Ángel, por su apoyo y consejos.

Al señor Celso y a Ricardo Cruz les agradezco mucho su compañía, amistad y apoyo brindado.

Al L. Z. Saris Gabriel por su compañerismo y apoyo brindado.

Al señor Rutilo Mijangos por sus consejos y su apoyo para proporcionar los animales usados en este experimento.

A mis compañeros de posgrado Maribel, Silvia, Guillermo y Abraham por su apoyo en estos dos años, su compañía y amistad.

## RESUMEN

Se analizó el efecto de inclusión de harina de hojas de *Moringa oleifera* en dieta para tilapia sobre características productivas, propiedades fisicoquímicas y sensoriales del filete. Se alimentaron 30 tilapias macho por tratamiento durante 64 d con tres dietas isoproteicas (30% de proteína) e isocalóricas (2930.79 de Kcal/Kg de energía metabolizable): T1=inclusión 10% de moringa, T2=inclusión 20% de moringa y T3=alimento comercial. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se consideró cada animal como unidad experimental, las variables respuesta se analizaron mediante una comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey ( $P < 0.05$ ). Los peces fueron sacrificados a los 229 d de edad. Se evaluaron características productivas; variables de calidad de canal, fisicoquímicas y atributos sensoriales. No se presentó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre las variables de rendimiento en canal y rendimiento en filete, capacidad de retención de agua, luminosidad, apariencia, textura y jugosidad. Se presentaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre todas las variables morfométricas de talla en relación con la variable independiente peso, siendo más altas para T1 longitud parcial (0.90), para T2 longitud máxima (0.86) y T3 longitud total (0.88). También presentaron diferencias ( $P < 0.05$ ) las variables ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, alimento suministrado y supervivencia; la temperatura fue mayor para T2 a los 45 minutos y menor a las 24 horas *post-mortem*, para el color T3 fue más rojo que T1 y T2, en la pérdida por goteo T3 perdió mayor cantidad de agua, para los atributos sensoriales T1 y T2 mostraron mayor puntuación en el sabor y aroma. Se concluyó que el crecimiento de los peces, la pérdida por goteo, sabor y aroma del filete fueron mejor en los tratamientos con inclusión de harina de hojas de moringa.

**Palabras clave:** Análisis sensorial, calidad de la carne, filete, propiedades fisicoquímicas, subproductos.

## ABSTRACT

The effect of inclusion of *Moringa oleifera* leaf meal in tilapia diet on productive characteristics physicochemical and sensory properties of the fillet was analyzed. Thirty male tilapia were fed per treatment for 64 days with three isoproteic (30% protein) and isocaloric (2930.79 Kcal / Kg metabolizable energy) diets: T1 = 10% moringa inclusion, T2 = 20% moringa inclusion and T3 = commercial food. A completely randomized experimental design was used, each animal was considered as an experimental unit, the response variables were analyzed with a means of a comparison of means through the Tukey test statistic ( $P < 0.05$ ). The fish were slaughtered at 229 days of age. Productive characteristics were evaluated; carcass quality variables, physicochemical and sensory attributes. There were no differences ( $P > 0.05$ ) between the variables of carcass yield and fillet yield, water retention capacity, luminosity, appearance, texture and juiciness. There were significant differences ( $P < 0.05$ ) between all the morphometric variables of height in relation to the independent variable weight variable, being higher for T1 partial length (0.90), for T2 maximum length (0.86) and T3 total length (0.88). There were also differences ( $P < 0.05$ ) with the variables daily weight gain, food conversion, food supplied and survival; the temperature was higher for T2 at 45 minutes and lower at 24 hours post-mortem, for color T3 it was redder than T1 and T2, in the drip loss T3 lost more water, for the sensory attributes T1 and T2 showed a higher score in flavor and aroma. It was concluded that fish growth, drip loss, flavor and aroma of the fillet were better in treatments including moringa leaf flour.

**Key words:** Sensory analysis, meat quality, fillet, physicochemical properties, by-products.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	4
3. OBJETIVO GENERAL.....	4
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 La producción de tilapia en México.....	5
4.2 Generalidades de la tilapia.....	6
4.2.1 Calidad de agua.....	7
4.3 Requerimientos nutricionales de la tilapia.....	8
4.3.1 Proteínas.....	9
4.3.2 Lípidos.....	10
4.3.3 Carbohidratos.....	11
4.3.4 Vitaminas y Minerales.....	11
4.4 Alternativas Vegetales en la alimentación en tilapia.....	13
4.4.1 Características de la moringa.....	13
4.5 Harina de barrilete.....	16
4.6 Calidad de la carne de pescado.....	16
4.6.1 El Músculo de pescado.....	17
4.6.2 Características fisicoquímicas.....	18
4.6.2.1 pH.....	19
4.6.2.2 Color.....	20
4.6.2.3 Pérdida por goteo.....	20
4.6.2.4 Capacidad de retención de agua.....	21
4.7 Evaluación sensorial.....	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.1 Localización del área experimental.....	23

5.2	Animales experimentales.....	23
5.3	Elaboración del alimento.....	23
5.3.1	Ingredientes del alimento comercial.....	26
5.4	Distribución de los organismos.....	27
5.5	Calidad de Agua.....	27
5.6	Alimentación.....	28
5.7	Sacrificio de los peces.....	29
5.8	Variables Productivas.....	29
5.8.1	Talla.....	29
5.8.2	Ganancia diaria de peso.....	30
5.8.3	Conversión alimenticia.....	31
5.8.4	Tasa de mortalidad.....	31
5.9	Variables de calidad de la canal.....	32
5.10	Variables de calidad de carne.....	32
5.10.1	pH del filete.....	32
5.10.2	Temperatura de los filetes.....	33
5.10.3	Color.....	33
5.10.4	Capacidad de retención de agua (CRA).....	33
5.10.5	Pérdida de agua por goteo.....	34
5.11	Evaluación sensorial de consumidores.....	35
5.12	Diseño experimental y análisis estadístico.....	36
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6.1	Características Productivas.....	38
6.2	Calidad de canal.....	43
6.3	Calidad de la carne.....	44
6.4	Análisis sensorial.....	48
7.	CONCLUSIONES.....	51
8.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	52
9.	REFERENCIAS.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Taxonomía de la Tilapia.....	7
Tabla II	Requerimientos porcentuales de aminoácidos esenciales en la dieta de tilapia.....	10
Tabla III	Ingredientes vegetales estudiados en tilapia.....	14
Tabla IV	Contenido de aminoácidos en moringa (mg aminoácido/g de proteína) .....	15
Tabla V	Composición Química de moringa en base seca de tres estados de la república mexicana (g/100g de muestra) .....	15
Tabla VI	Análisis Químico Proximal de las harinas de moringa y barrilete elaboradas en el laboratorio.....	25
Tabla VII	Composición de dietas elaboradas con moringa.....	25
Tabla VIII	Análisis Químico Proximal de los tratamientos.....	26
Tabla IX	Coefficiente de correlación entre las variables de talla en tilapia por tratamiento.....	39
Tabla X	Ecuaciones de predicción para el crecimiento de tilapia con diferentes tratamientos.....	39
Tabla XI	Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) de los pesos vivos (g) de tilapias alimentadas con dietas experimentales.....	42
Tabla XII	Respuesta media ( $\mu \pm EE$ ) en el alimento ofrecido, ganancia de peso y conversión alimenticia en tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales.....	42
Tabla XIII	Variables indicadoras de calidad de agua en los estanques para los diferentes tratamientos.....	43
Tabla XIV	Comportamiento medio ( $\mu \pm EE$ ) variables de calidad de canal de tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales...	44
Tabla XV	Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) en variables de calidad de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.....	48
Tabla XVI	Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) en variables de atributos sensoriales de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Elaboración del alimento.....	24
Figura 2	Animales experimentales.....	27
Figura 3	Calidad de agua de los estanques.....	28
Figura.4	Sacrificio de los animales.....	29
Figura 5	Medidas de talla.....	30
Figura 6	Toma de medidas de parámetro productivos.....	31
Figura 7	Medición de parámetros de calidad de canal.....	32
Figura 8	Medición de parámetros de calidad de carne.....	35
Figura 9	Muestras de filetes para el análisis sensorial.....	35
Figura 10	Aplicación de la prueba sensorial.....	36
Figura 11	Atributos sensoriales de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.....	50

## 1 INTRODUCCIÓN

La tilapia es un pez de origen africano, fue introducido a México en 1964 por el Estado de Oaxaca (Morales 1974, Basurto 1995). Desde entonces, éste pez adquirió popularidad para su producción debido a su rápido crecimiento, facilidad de manejo, resistencia a enfermedades, adaptación a diferentes ambientes, alimento y calidad de agua (Castillo 2006, Vega *et al.* 2010, Kayan *et al.* 2015), así como; su aceptable sabor por parte de los consumidores (Botello *et al.* 2011).

En Oaxaca existen alrededor de 475 productores que generan mil doscientas toneladas anuales de tilapia (SAGARPA 2016), en regiones como el istmo de Tehuantepec, la costa, valles centrales, la mixteca y la cuenca del Papaloapan; surgiendo como una actividad estratégica para el desarrollo de comunidades rurales, generando proteína de alto valor biológico, además de empleo e ingresos para las familias (Vega *et al.* 2010).

En estas comunidades, la cría de la tilapia puede realizarse mediante técnicas de engorde en jaulas, embalses, estanques rústicos o semi tecnificados (SAGARPA 2016). Sin embargo, al irse intensificando el nivel de producción, los animales ya no pueden depender del alimento natural (fitoplancton y zooplancton) y se hace necesario proporcionar un alimento balanceado (Iregui *et al.* 2000). Empero, es el rubro de mayor inversión y en ocasiones difícil adquirir debido a su costo. Por esta razón algunos productores optan por la elaboración de dietas artesanales con los ingredientes que tienen disponible en la región (Hernández *et al.* 2014).

En el caso de la tilapia, la nutrición se ha encaminado al uso de subproductos de la pesca y de recursos vegetales con la finalidad de disminuir el uso de harina de pescado dado sus altos costos e impacto ambiental (Hernández *et al.* 2013, Cerdanars *et al.* 2014, Montoya *et al.* 2018). En este sentido la costa de Oaxaca cuenta con varios recursos marinos usados para la alimentación humana, uno de ellos es el pescado barrilete (*Euthynnus lineatus*), pez altamente consumido en la región (Mazorra *et al.* 1998) pero sus desperdicios no son aprovechados. Según Pineda (1999), la harina de los desperdicios de este pez como ingrediente en un

alimento balanceado para bagre, no afectó al crecimiento, lo que resultó ser una buena alternativa como ingrediente.

Las harinas vegetales son más disponibles y baratas; es común en formulación de dietas para peces utilizar harinas de soya, sorgo, trigo y maíz. No obstante, las investigaciones cada vez se enfocan en la búsqueda de otras opciones vegetales que puedan mejorar la composición del alimento (Montoya *et al.* 2018).

En este sentido, recientemente se ha estudiado a la moringa como ingrediente en la alimentación de la tilapia debido a sus propiedades nutricionales. Esta planta se encuentra ampliamente distribuida sobre la franja costera de Oaxaca (Folkard & Sutherland 1996, Olson & Alvarado 2016); sin embargo, al igual que los desperdicios del barrilete no ha sido aprovechada para la alimentación animal en la región.

Esta planta, cuando es consumida en la dieta, ha revelado tener cualidades químicas que favorecen la calidad de la carne de especies como cerdos, pollos y cabras (Falowo *et al.* 2016), influenciando en mejorar aspectos como: terneza, sabor y color (Cohen-Zinder *et al.* 2017). Por ello, resulta relevante seleccionar los ingredientes para elaborar una dieta y tomar en cuenta que éstos tienen implicaciones en la calidad de la carne que se consume, lo cual parece indicar la clave indirecta para su comercialización (Bernardi *et al.* 2013, Dufflocq *et al.* 2017, Kono 2017).

Entonces, para conseguir calidad del pescado, es importante proveer una correcta alimentación; además de mantener control de calidad en cada uno de los eslabones de toda la cadena de producción, desde la crianza, captura, sacrificio y conservación (Bernardi *et al.* 2013).

En tilapias, no existen estudios sobre la calidad de la carne mediante la evaluación de dietas. Las investigaciones con moringa generalmente evalúan parámetros productivos y la digestibilidad de su proteína vegetal (Richter *et al.* 2003, Rivas *et al.* 2012, Tagwireyi *et al.* 2014). Resulta importante entonces, conocer sus efectos en la calidad dado que éstos se encuentran íntimamente relacionados con

la composición proteico muscular, los cambios químicos y bioquímicos que ocurren después de la muerte del animal (Amerling 2001), principalmente en un producto altamente perecedero como lo es el pescado (Bernardi *et al.* 2013).

En el presente estudio se evaluaron las características productivas, fisicoquímicas y sensoriales de la carne de tilapias alimentadas con dietas que contienen harina de hojas de moringa, con la finalidad de conocer y aprovechar la versatilidad de estos recursos como ingrediente en una dieta artesanal, que mejore la calidad de la carne de tilapia.

## **2 HIPÓTESIS**

La inclusión de harina de hojas de moringa en 10% y 20% en dieta para tilapia, mejora aspectos productivos, calidad de canal y carne, así como las características sensoriales.

## **3 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de un alimento artesanal para tilapia con moringa sobre variables productivas, de calidad de canal, calidad de la carne y atributos sensoriales.

### **3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar parámetros productivos y rendimiento en canal de tilapias alimentadas con moringa en la dieta.
2. Analizar características fisicoquímicas y preferencias por consumidores de filete de tilapias alimentadas con moringa.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 La producción de tilapia en México.

La producción de peces es uno de los mercados de mayor crecimiento a nivel mundial, tanto o más que otros sectores importantes de producción de alimentos (FAO 2018). Tan solo en 2014 el consumo *per cápita* de pescado alcanzó un máximo histórico de 20 kg y se prevé que la industria tenga mayor crecimiento en el futuro (FAO 2016).

En México el consumo *per cápita* de pescado se ha elevado en la población llegando alrededor de 12.8 kg en el 2015; de este consumo, la tilapia ocupa 1.5 kg anuales (FIRA 2017), siendo el segundo producto acuícola de mayor importancia económica en el país después del camarón (CONAPESCA 2016).

La tilapia es el pez de mayor demanda y aceptación en el país, esta especie ha tenido un crecimiento constante pasando de 79.3 mil ton en 2004, a 128.8 mil ton en 2014 (SEDAPA 2016) y 156 mil ton en 2017 (SAGARPA 2017). Las cuales son producidas en las 4,623 unidades productivas acuícolas del país (SAGARPA 2016), destacando como los principales estados a Chiapas con 28 mil ton, Jalisco 27 mil ton, Michoacán 9.7 mil ton, Veracruz 8.8 mil ton y Sinaloa 8.3 mil ton, tan sólo estas entidades producen 70 % del volumen nacional de esta especie, lo que posiciona también al país como en noveno a nivel mundial en la producción de tilapia (SAGARPA 2017).

Sin embargo, la producción actual no es suficiente para abastecer el mercado nacional, apenas abastece el mercado local, por lo que existe la necesidad de importar el producto (CIAD 2010), las importaciones han aumentado de manera drástica en los últimos 4 años. En 2014 CONAPESCA registró una importación de 58,255 ton provenientes de China, y en 2018 el Consejo Empresarial Mexicano de la Tilapia Mexicana reportó importaciones totales por 75.6 mil ton de tilapia, de este total 75.4 mil provienen de China, el resto provino de países como Vietnam, Canadá, Hong Kong y Chile.

Estas importaciones han venido desplazando el consumo del producto nacional llegando en forma de tilapia entera y filete congelado, de los cuales se han encontrado irregularidades en su calidad, debido al tiempo de traslado y almacenamiento; lo que mantiene a las instituciones gubernamentales ocupados en impulsar a este sector (SAGARPA 2017). Platas *et al.* (2017) proponen esta actividad como un área de oportunidad en el ámbito pecuario, debido a que México cuenta con recursos naturales, infraestructura y mercado que puedan hacerlo competitivo con otros países.

En el caso de Oaxaca, existen alrededor de 475 productores que generan 1.2 mil ton anuales en regiones como el istmo de Tehuantepec, la costa, valles centrales, la mixteca y la cuenca del Papaloapan; y desde el período 2015 - 2016 el Estado muestra un gran potencial para el desarrollo de la especie, incluso esta actividad surge y se ha impulsado a modo de estrategia para el desarrollo de comunidades rurales, dada su contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición de la población. (SAGARPA 2016, 2017, FAO 2018).

## **4.2 Generalidades de la tilapia**

La tilapia es un pez originario del continente africano, se encuentra distribuida prácticamente en todas las regiones del planeta susceptibles de cultivarlo (SENASICA 2008, Vega *et al.* 2010).

Una característica distintiva que integran el grupo de las tilapias, es el tipo de cuidado que los progenitores brindan a sus crías. La hembra incuba los huevos en la boca y una vez eclosionados, cuidan a la descendencia por un tiempo adicional (incubadores bucales) (Toledo & García 2000).

Sus hábitats son diversos pudiendo estar en aguas cálidas, dulces, (ríos, embalses, arroyos y lagos) salobres o salinas (lagunas costeras y estuarios) se adapta a aguas con baja concentración de oxígeno, por lo que también es común que habiten en aguas de poca corriente (lenticas), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas (SAGARPA 2012, Alcantar *et al.* 2014).

Tabla I. Taxonomía de la tilapia.

Phylum	Vertebrata
Subphillum	Craneata
Superclase	Gnatostomata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis, Tilapia</i>

*Tomado de Méndez et al. (2018).*

#### 4.2.1 Calidad de agua

Es importante siempre mantener la calidad del agua dentro de los rangos tolerables de la especie, fuera del rango tolerable sufrirán estrés y probablemente serán incapaces de sobrevivir (Chavacan & Castro 2013). La calidad de agua influye en aspectos reproductivos y de crecimiento, cuando el sistema acuícola no permite mantener niveles óptimos, los peces se someten a una situación estresante y por consiguiente a un gasto energético para adaptarse (Bautista & Ruíz 2011, Sedano & Anguís 2016).

En cuanto a la temperatura las tilapias son animales poiquilotermos (Bautista & Ruíz 2011, Carvajal 2014), por lo que su temperatura corporal dependerá del medio, así que su metabolismo suele ser afectado por los cambios de temperatura que se susciten en él. Entre más alta es la temperatura, es más difícil mantener concentraciones adecuadas de oxígeno; por el contrario, en temperaturas bajas los animales suelen dejar de comer afectándose en ambos casos su crecimiento e incluso pueden llegar a morir (Saavedra 2006).

La disponibilidad de oxígeno es crítica para los peces de cultivo (Saavedra 2006), ésta depende de diferentes factores como temperatura, luz solar, densidad de animales o alimento proporcionado; pudiendo cambiar su concentración con gran rapidez durante el transcurso del día (Carvajal 2014).

La disponibilidad de oxígeno también se encuentra relacionada con la toxicidad de los compuestos nitrogenados como los nitritos y nitratos; éstos compuestos se originan en los estanques por los restos de la materia orgánica y como producto de los procesos metabólicos de los organismos de cultivo después de ser digerido el alimento (Sedano & Anguís 2016, SADER 2014). La excreción de los peces es en forma de compuestos nitrogenados totales (TAN), este se encuentra constituido por el amonio ionizado ( $\text{NH}_4$ ) y el amoniaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), que a través de un proceso oxidativo son convertidos a nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) con participación de las bacterias del género *Nitrosomonas*, seguidamente a nitrato no tóxico ( $\text{NO}_3^-$ ) en este caso actuando las bacterias del género *Nitrobacter* (Nicovita 2003).

El nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) proveniente de la oxidación del amoniaco resulta tóxico en los peces (Guerrero 2014), mermando la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno; y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es la forma oxidada más estable del nitrógeno, el cual puede ser reducido por acción microbiológica a nitrógeno gaseoso. El nitrato también puede ser utilizado por las plantas para sus procesos biológicos; sin embargo, su acumulación puede afectar el apetito de los peces y provoca decaimiento (Bautista & Ruíz 2011, Carvajal 2014).

#### **4.3 Requerimientos nutricionales de la tilapia**

En la naturaleza, la mayoría de las tilapias tienen una tendencia a ser herbívoras, aunque las tilapias del Nilo son principalmente omnívoras (Torres 2012). Su alimentación se basa en fitoplancton, zooplancton, detritus, invertebrados y pequeños insectos (Alcantar *et al.* 2014). En el caso de las tilapias en sistemas de producción, para poder desarrollar una correcta alimentación, es necesario conocer y entender sus requerimientos nutricionales.

Se pueden considerar cinco grupos de nutrientes: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Tacón 1989). Estos requisitos cambian de acuerdo con el ciclo de vida del animal, en donde los diferentes regímenes de

alimentación y formulación de la dieta tienen un efecto significativo en el crecimiento (Wing & Romano 2014).

#### **4.3.1 Proteínas**

Las proteínas de la dieta son utilizadas continuamente por los peces para funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción (Xiong *et al.* 2014). Suelen requerir mayor cantidad de proteína en la dieta, que otros animales.

Es importante en la reparación de tejido dañado y desgastado, formación de tejido nuevo y de sustancias biológicamente importantes como los anticuerpos; además, la tilapia puede utilizarla como fuente primaria de energía (Ctaqua 2003) por su facilidad en excreción de los productos de la digestión y metabolización de los aminoácidos a amonio o amoniaco, este proceso se lleva a cabo pasivamente en las branquias reduciendo así el gasto energético (Lacerda *et al.* 2015). Sin embargo, esto puede interferir en el metabolismo de los carbohidratos y la calidad del agua, por lo que algunos autores recomiendan evitar que las proteínas se utilicen como fuente de energía.

En la producción de tilapia el suministro de proteína requerida en el caso de larvas y alevines se señalan un rango de 45% a 50 %, y en la etapa de engorde los requerimientos de proteína disminuyen de 20% a 35%. Esta variabilidad depende de factores como el tamaño de los organismos, funciones fisiológicas y la calidad de agua (Tacón 1989, Cantor 2007, Lacerda *et al.* 2015).

No siempre una ración con alto contenido de proteína promueve el mejor desempeño productivo de los peces. El nivel de proteína requerida para un óptimo crecimiento está íntimamente relacionado con el balance de energía, la digestibilidad y calidad de la proteína, y ésta última, en función de su composición de aminoácidos (Brown 2000, Noel 2003). Por ello es importante formular las dietas con diferentes fuentes de proteína, que proporcionen un correcto balance de aminoácidos en cada etapa de crecimiento (Lacerda *et al.* 2015). La tabla II muestra los requerimientos de aminoácidos en tilapias.

Tabla II. Requerimientos porcentuales de aminoácidos esenciales en la dieta de tilapia.

Aminoácido	Crecimiento (Lacerda <i>et al.</i> 2015). %	Tilapias Mayor a 100g (Torres <i>et al.</i> 2012) %
Arginina	3.66	1.14
Histidina	1.50	0.47
Isoleucina	2.72	0.84
Leucina	2.97	0.92
Lisina	4.47	1.38
Metionina	2.81	0.83
Fenilalanina	4.84	1.56
Treonina	3.28	1.07
Triptófano	0.88	0.27
Valina	2.44	0.75

#### 4.3.2 Lípidos

Los peces requieren de lípidos y ácidos grasos esenciales en la dieta para utilizarlos como fuentes de energía metabólica. Son usados para mantener la estructura, función de las membranas celulares y como reserva primaria de energía, a diferencia de los mamíferos que utilizan carbohidratos (Noel 2003).

Los lípidos, especialmente los fosfolípidos, intervienen como precursores de hormonas esteroideas y prostaglandinas; además, mejoran el sabor y textura del alimento (Lim *et al.* 2011). Sin embargo, exceso de lípidos puede provocar la formación de hígado graso en los peces (Brown 2000).

Las grasas pueden ser absorbidas como ácidos grasos y glicerina o en algunas especies, como grasas completas directamente a través del sistema linfático (Noel 2003). Las tilapias requieren ácidos grasos poliinsaturados de la serie w- 6 como el linoleico (18:2w-6) y el araquidónico (20:4w-6), presentes en los aceites de origen vegetal (Torres & Hurtado 2012).

Se menciona que los niveles de lípidos en la dieta de tilapia deben oscilar entre 5-12% (Lim *et al.* 2009). Algunos autores recomiendan 4,007 Kcal/kg de energía digestible en fase de reversión sexual, 3036 Kcal/kg después de la reversión hasta los 100 g de peso y 3,975 Kcal/kg para mayores de 100 g (Torres & Hurtado 2012).

#### **4.3.3 Carbohidratos**

Los carbohidratos son la fuente de energía de menor costo en la dieta, y son utilizados eficientemente por los peces (Xiong. *et al.* 2014); sin embargo, los peces presentan un bajo metabolismo de este nutriente (Noel 2003). De los diferentes tipos de carbohidratos, los almidones son una de las formas más importantes de ofrecerlos, dado que las tilapias permiten mejor aprovechamiento de este nutriente, por qué presentan mayor cantidad de amilasas en el tubo digestivo; pero el almidón en forma cruda no es útil, debe ser sometido a un tratamiento térmico para poder ser aprovechado por el pez (Noel 2003, Brown 2000).

La inclusión de carbohidratos en la dieta aporta una propiedad ligante, con la cual, se puede conseguir una importante estabilidad en el agua, pero se debe tener cuidado en su uso (FAO 2017). Se menciona que la tilapia del Nilo puede utilizar aproximadamente entre 40%-50% de carbohidratos; sin embargo, se ha observado que inclusión superior a 25 % provoca mayor acumulación de grasa corporal (Noel 2003, Brown 2000). La inclusión óptima de carbohidratos en la dieta de los peces cultivados puede aumentar la retención de proteínas y lípidos al prevenir el catabolismo de éstos (Kamalam *et al.* 2017).

#### **4.3.4 Vitaminas y Minerales**

Se sabe que distintos requerimientos nutricionales de vitaminas se ven afectados por otros factores dietéticos y éstos deben tenerse en cuenta al momento de formular el alimento (Torres & Hurtado 2012). En el caso de la vitamina E, la

tilapia requiere 50mg/kg a 100 mg/kg cuando se alimenta con dietas con 5% de lípidos y se incrementa a 500 mg/kg al consumir dietas con 10% a 15% de lípidos; también con la presencia de otros antioxidantes en la dieta, como la vitamina C (FAO 2017); ésta vitamina, no puede ser sintetizada por el organismo, es de gran importancia para la formación de glucógeno, que es necesario en la formación de tejido los tejidos conectivos, de granulación y matriz ósea. Se estima que requiere de 765 mg/kg a 857.5 mg/kg de vitamina C en etapa de alevinaje (Torres & Hurtado 2012).

Los minerales son utilizados en todos los procesos vitales de las tilapias, como la formación de estructura de ósea, regulación de equilibrio ácido-base, osmorregulación, son componentes de hormonas y enzimas. Permiten un equilibrio dinámico entre el pez y el medio acuático; los electrolitos Na, K, Mg, Ca, Cl y HCO<sub>3</sub>- participan en la regulación osmótica y iónica de fluidos extra e intracelulares en el pez (Torres & Hurtado 2012, FAO 2017).

Entre los minerales de mayor relevancia se encuentran el calcio y el fósforo. Las escamas son un importante sitio del metabolismo y deposición de calcio, el cuál es indispensable para la contracción muscular, formación de células sanguíneas, transmisión de impulsos nerviosos, mantenimiento del equilibrio ácido básico y en la activación de enzimas. Las exigencias de este nutrimento pueden ser suplidas directamente del agua influenciada por la composición química de ésta y su contenido de calcio, por medio de la absorción de las branquias, aletas y epitelio oral en 65% y 80% (Torres & Hurtado 2012).

Otro mineral importante para el metabolismo de carbohidratos, lípidos y aminoácidos es el fósforo. Es un mineral esencial para los animales porque es indispensable en estructuras óseas, forma parte de moléculas como ATP y GTP, ARN y ADN, fosfolípidos y enzimas diversas, en las materias primas se encuentra en la forma orgánica e inorgánica, principalmente como ortofosfatos (Torres & Hurtado 2012).

#### **4.4 Alternativas Vegetales en la alimentación en tilapia**

De los mayores retos para la producción de tilapia es la nutrición, la cual debe satisfacer las necesidades de los organismos como mantenimiento, crecimiento, desempeño reproductivo y salud (Noel 2003). Dado que la alimentación es el rubro de mayor inversión los productores buscan alternativas que resulten menos costosas, de fácil acceso y disponibilidad (Hernández *et al.* 2014).

Muchas alternativas se enfocan a disminuir el uso de la harina de pescado debido a su costo y al impacto ambiental que conlleva su adquisición (Hernández *et al.* 2013, Montoya *et al.* 2018), por ello, diversas investigaciones se enfocan en encontrar fuentes de proteína alternativas, incluyendo la proteína vegetal, con un enfoque en la sustentabilidad de los recursos empleados para la alimentación (Bermúdez *et al.* 2012).

Depender de alimentos balanceado que cubra todas las necesidades del pez en ocasiones es complicado para los pequeños productores rurales (Kasiga *et al.* 2014). Esta situación hace difícil mejorar su cultivo, en cuanto al tiempo de engorde para alcanzar una talla adecuada. Por ello, cada vez surge mayor interés en la utilización de plantas regionales para la incorporación en las dietas de esta especie (González *et al.* 2013). En la Tabla III se muestran algunos estudios recientes de recursos vegetales últimamente incorporados en la alimentación de tilapia y su porcentaje de inclusión.

##### **4.4.1 Características de la moringa**

La moringa es un árbol perenne, de rápido crecimiento, que puede vivir hasta 20 años. Es muy resistente a la sequía y se puede cultivar en regiones áridas y semiáridas, crece en zonas tropicales por debajo de los 500 msnm, (Pérez *et al.* 2010, Olson & Fahey 2011, Meza *et al.* 2016). Es originario del sur del Himalaya, pero se puede encontrar diseminado en una gran parte del planeta (Pérez *et al.* 2010).

Tabla III. Ingredientes vegetales estudiados en tilapia.

<b>Alimento Vegetal</b>	<b>Inclusión</b>	<b>Referencia</b>
Hojas de Chipilín ( <i>Crotalaria longirostrata</i> ).	20%	(Guerra <i>et al</i> 2016).
Hojas de Chaya ( <i>Cnidoscolus chayamansa</i> McVaugh).	50%	(Poot <i>et al.</i> 2012).
Hojas de Cacahuete ( <i>Arachis hypogaea</i> ).	20%	(Garduño <i>et al.</i> 2008).
Hojas de moringa ( <i>Moringa oleífera</i> ).	10%-20%	(Richter <i>et al.</i> 2003, Rivas-Vega <i>et al.</i> 2012).
Sacha Inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).	10%	(Miranda <i>et al.</i> 2015).

Las características nutritivas es el aspecto más atractivo de esta planta, por lo que ha sido aprovechada en situaciones de inanición en humanos en algunos países de África y Asia. Diversos análisis reportan que sus hojas contienen hasta 30% proteína también, todos los aminoácidos esenciales (Olson & Fahey 2011). Aunque se han encontrado algunas sustancias fitoquímicas que pueden ser dañinas para los animales y el hombre como: taninos, esteroides, triterpenoides, flavonoides, saponinas, antraquinonas y alcaloides (Pablo 2017); se ha reportado que posee una mezcla única de compuestos fenólicos que comprenden quercentina, zeatina, apigenina y kaempferol (Ibrahim *et al.* 2019).

Pero además de la alimentación humana, también se aprovecha como suplementación en la alimentación animal, principalmente las hojas, por su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales; tiene buen sabor, efectos curativos antiparasitarios y antibacteriales (Guzmán *et al.* 2015). Adicionalmente presenta, buena producción de biomasa (Valdés *et al.* 2014), por ello se ha incluido en dietas para pollos de engorda (Nkukwana *et al.* 2014), cerdos (Brunelis *et al.* 2016) y conejos (Caro *et al.* 2013). En las Tablas IV y V se muestra el contenido de aminoácidos de *Moringa oleífera*.

Tabla IV. Contenido de aminoácidos de la hoja de moringa (mg aminoácido/g de proteína)

Histidina	29
Isoleucina	45
Leucina	87
Lisina	56
Metionina +cistina	32
Fenilalanina	116
Treonina	46

*Tomado de Pablo (2017).*

Tabla V. Composición Química de moringa en base seca de tres estados de la República Mexicana (g/100g de muestra).

	Oaxaca	Puebla	Michoacán
Humedad	ND	ND	ND-
Cenizas	9.25	8.29	9.89
Grasa cruda	6.53	6.92	13.96
Fibra Cruda	8.11	5.82	7.84
Proteína ruda	30.20	29.34	22.54
Carbohidratos	45.90	49.61	52.74

ND=No determinado por el autor

*Tomado de Pablo (2017).*

En peces se utiliza con bagres (Llanes *et al.* 2016, Puycha *et al.* 2017), carpas (Mehdi *et al.* 2016), lobinas (Ganzon 2014) y tilapias (Afuang *et al.* 2003, Hussein 2016); En estas últimas, la moringa ha sido estudiada en países como Alemania (Dongmeza *et al.* 2006), Tanzania (Madalla *et al.* 2013), Egipto (Magouz *et al.* 2016) y Nigeria (Tihamiyu *et al.* 2013); con la finalidad de sustituir la proteína de harina de pescado.

Por otra parte, existen líneas de investigación que se enfocan en el uso de esta planta para dar atributos a la carne, debido a sus compuestos antioxidantes, Falowo *et al.* (2018) mencionan que sus hojas pueden utilizarse para mejorar la calidad de la carne, ya sea mediante su inclusión en dietas para animales o mediante la aplicación o incorporación directa en productos cárnicos. Al igual que

Cohen-Zinder *et al.* (2017) quienes reportan que la moringa mejoró la terneza de la carne de cordero, sugiriendo que puede producir una carne más magra.

#### **4.5 Harina de barrilete**

El barrilete negro es un pez con un alto valor proteico (88.20 % en base seca) y de aminoácidos esenciales; tiene poca importancia en las pesquerías comerciales mayores, alrededor de 52% a 54% son descargas como subproductos que incluyen: cabezas, aletas, piel, carne negra y vísceras (Hernández *et al.* 2013).

La carne de este túnido posee características sensoriales poco atractivas para el consumidor debido a su coloración roja (alto contenido de hierro), olor y aromas fuertes (Delgado *et al.* 2013). Sin embargo, existen estudios como el de Pineda (1999) quien propone el uso de los desperdicios de este organismo para alimentar a peces de producción; en bagres, observando que la harina de los desperdicios de barrilete no afecta a su crecimiento.

#### **4.6 Calidad de la carne de pescado**

De acuerdo al Codex *alimentarius* la carne se define como “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”; ésta se compone de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y pequeñas cantidades de carbohidratos (FAO 2015).

El termino calidad se refiere a la constitución o propiedades que un producto posee, y dependerá su aceptación por parte del consumidor (Hernández *et al.* 2013). Esta calidad, fija una serie de parámetros a los que debe ajustarse un producto normalmente elaborado de forma masiva y desde el punto de vista de la calidad funcional o tecnológica, va a determinar la aptitud de la carne para ser transformada y/o conservada (Consigli 2001).

Entre las características naturales más importantes de la carne fresca que determinan la calidad son las propiedades fisicoquímicas (pH, capacidad de retención de agua, color, textura) y organolépticas (suavidad, consistencia, olor, sabor); que a su vez estarán influenciados por diversos factores (Pérez & Ponce 2013), como la especie, método de crianza y de sacrificio (Wang *et al.* 2018) así como, la alimentación (Kubitza 1999).

#### **4.6.1 El Músculo de pescado**

El pescado es una carne de alto valor biológico, con 15% a 28% de proteína en el músculo. Contiene todos los aminoácidos esenciales, se compone principalmente de agua (66% a 80%) y grasa (0.2% a 2.5 %) (Valls 2007, Cerón *et al.* 2016).

El músculo del pez consiste en cuatro partes, conocidos como paquetes musculares sobre cada lado de la columna vertebral, esto da a la carne un aspecto característico en forma de W llamados miómeros o miotomos, unidos entre sí por paredes de tejido conjuntivo y colágeno (Huss 1988).

Este tejido envuelve al músculo a través de una membrana que une el colágeno y las fibras musculares; la miosina representa 40% de las proteínas totales y la actina 20%, estas proteínas son muy sensibles a la desnaturalización, lo que influye en la rigidez cadavérica y la maduración, ambos fenómenos son relativamente rápidos en los peces (Suarez *et al.* 2007).

En general, el tejido muscular del pez es blanco, pero dependiendo de la especie y la actividad, pueden presentar tejido oscuro de color marrón o rojizo. Los peces con músculos rojos pueden trabajar largo tiempo sin fatiga, como en especies que realizan largos recorridos (Huss 1988). El metabolismo de dichos músculos rojos u oxidativos está asociado a concentraciones más altas de mioglobina y a un mayor contenido de lípidos (Muriel *et al.* 2001).

El músculo blanco funciona para los movimientos súbitos y rápidos, necesarios para escapar del depredador o para capturar la presa. Son pobres en

proteínas que captan oxígeno, por lo que se fatigan rápidamente, pero pueden realizar un gran esfuerzo en un período corto de tiempo; sin embargo, se produce un déficit de oxígeno que implica un aumento de la concentración de ácido láctico, solamente cuando éste es eliminado los músculos blancos, son capaces de realizar una nueva actividad (Huss 1988).

#### **4.6.2 Características fisicoquímicas**

Las características fisicoquímicas de la carne definen su calidad, en la industria de los alimentos son de suma importancia para las adecuadas características tecnológicas. En este sentido, los consumidores demandan productos cárnicos de alta calidad nutritiva y bajos niveles de grasa; mientras que al productor le interesan los grandes rendimientos. En los peces, lo anterior no es diferente, cada vez existe mayor interés en estudiar estos factores en especies de interés zootécnico como la trucha (García *et al.*, 2004, 2006) cachama (Suarez *et al.* 2008) y salmón (Bjerkeng 2000, Dufflocq *et al.* 2017).

Huss (1988) menciona que inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado está totalmente relajado, la textura flexible y elástica generalmente persiste durante algunas horas y posteriormente el músculo se contrae, cuando se torna duro y rígido, todo el cuerpo se vuelve inflexible y se dice que el pescado está en *rigor mortis*. Este *rigor mortis* se inicia inmediatamente o poco después de la muerte, debido a las reservas de glucógeno, y algunos estudios han encontrado que se ablanda después de 24 h de almacenamiento en frío (Suárez *et al.* 2007).

Todas las operaciones *pre-mortem* provocan un estado de estrés, que al momento del sacrificio desencadena múltiples cambios bioquímicos, los cuales conllevan a la transformación del tejido muscular en carne. Los métodos de aturdir y sacrificar el pez también influyen en el inicio del *rigor mortis* (Pérez & Ponce 2013). El aturdimiento y sacrificio por hipotermia (el pez es muerto en agua con hielo) permite obtener el más rápido inicio del *rigor mortis*, mientras que un golpe en la cabeza proporciona una demora de hasta 18 h (Huss 1988).

El rigor mortis cobra importancia cuando el pescado es fileteado; durante el *rigor mortis* el cuerpo del pescado está completamente rígido y el rendimiento del fileteado resulta muy bajo y una manipulación tosca puede causar el desgarramiento de los filetes. Si los filetes son removidos del hueso antes del rigor, el músculo puede contraerse libremente de su longitud original y se encogerá al comenzar el rigor, hasta 52% en músculo oscuro y 15% en el blanco; también, si el pescado es cocido antes del rigor, la textura será muy suave y pastosa, si es durante el rigor la textura es dura, pero no seca, si es posterior al rigor la carne se toma firme, succulenta y elástica (Huss 1988).

#### 4.6.2.1 pH

Cuando el organismo está vivo el pH del músculo se encuentra cerca de la neutralidad, después de la muerte, desciende rápidamente para alcanzar la rigidez cadavérica o *rigor mortis* (Restrepo *et al.* 2001). Estos fenómenos son relativamente rápidos teniendo una disminución de pH de 7.0 a 6.5 - 6.2 dando al pescado una mayor estabilidad microbiológica (Suarez *et al.* 2007).

Al disminuir el *rigor mortis*, el pH provoca un efecto en las propiedades físicas del músculo, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de enlazar agua. El pescado en estado de *rigor mortis* pierde humedad cuando es cocido, y resulta particularmente inadecuado para procesamiento posterior que involucre calentamiento; perjudicando la textura del músculo. Existiendo una relación inversamente proporcional entre la dureza del músculo y el pH, donde los niveles inaceptables de dureza (y pérdidas de agua por cocción) ocurren a menores niveles de pH (Huss 1988, Valls 2004, Pérez & Ponce 2013).

El pH del músculo también influencía en el punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, entre más alejado de este punto, éste más agua retendrá. En valores de pH superiores a 5.8, se favorece la capacidad para ligar las moléculas de agua de las proteínas; así como, también la estabilidad oxidativa, el tipo de carne, la

presencia de sales y otros aditivos pueden potenciar o reducir los valores de capacidad de retención de agua. A pH de 5.5, el valor de CRA es mínimo y alcanza un máximo a valores de pH cercanos a la neutralidad (Braña - Varela *et al.* 2011, Pérez & Ponce 2013, Hernández *et al.* 2013).

#### **4.6.2.2 Color**

El color es un atributo importante en el aspecto de comercialización puesto que los consumidores lo asocian con la frescura (Kubitza 1999, Cavieres - Barraza 2010). Cuando incide un rayo de luz en su superficie de la carne, se produce una reflexión difusa; esa reflexión es lo que se define como el color. Al incidir una luz blanca sobre una sustancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz serán absorbidas por la muestra, el color estará formado por la combinación de aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la sustancia (Braña - Varela *et al.* 2011).

También se debe el aumento de la actividad mitocondrial que tiene como resultado elevado consumo de oxígeno por el tejido y aceleración en el oscurecimiento de la carne. Esta apreciación del color se puede hacer, tanto de forma visual, como de forma instrumental, mediante el uso de métodos colorimétricos (Hernández *et al.* 2013).

#### **4.6.2.3 Pérdida por goteo**

La pérdida por goteo es definida como la cantidad de líquido exudado en la superficie de la carne, sin la aplicación de una fuerza mecánica externa, utilizando únicamente la gravedad. Éste exudado es básicamente agua y proteínas que se liberan del músculo posterior al *rigor mortis*, la medición de las pérdidas por goteo se ve afectada por el tiempo que dure la medición, lo más común es 24 h y 48 h; la geometría de la pieza también afecta debido a que se tendrá una mayor pérdida en una pieza delgada, en comparación con una de mayor grosor. Por ello los cortes

que se hagan para producir la pieza, deben de ser los menos posibles, cortando la carne con trazos rectos y continuos. Debido que en medida que se incrementen los cortes sobre la pieza, aumentará la pérdida de agua (Braña – Varela *et al.* 2011).

#### **4.6.2.4 Capacidad de retención de agua**

La capacidad de retención de agua (CRA), es un parámetro que mide la habilidad del músculo para retener el agua libre por capilaridad y fuerzas de tensión incluso bajo la influencia de fuerzas externas como presión o calor. Pero también como la aptitud para fijar agua añadida (Fuentes *et al.* 2013).

Este parámetro está directamente relacionado con la jugosidad, así cuando el alimento tiene una alta CRA, es jugoso y es calificado con una alta puntuación en el análisis sensorial (Valls *et al.* 2004, Fuentes *et al.* 2013).

Cuando la CRA es baja o se pierde el agua, acarrea proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles; además que está relacionada con muchas propiedades sensoriales de la carne como el color, la textura y la firmeza e interfiere en los sistemas de empaque. Algunos factores que la afectan son; la especie de la cual proviene la carne, tipo de fibra, estabilidad oxidativa de sus membranas, el proceso de maduración y el sistema utilizado para congelar y descongelar las carnes (Braña - Varela *et al.* 2011, Hernández *et al.* 2013).

#### **4.7 Evaluación sensorial**

El análisis sensorial permite determinar de forma científica y objetiva características de calidad organoléptica, relacionadas con aspectos como: color, olor, sabor y textura, que influyen en la aceptación del producto por el consumidor. Ello complementa los análisis físicos, químicos y microbiológicos de los alimentos, proporcionando una información integral de calidad, esta evaluación es necesaria para su comercialización. Poder medir en un laboratorio el grado de satisfacción de un producto permite anticipar la aceptación que este tendrá (Witiig 2001). Conocer

la información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad por parte de los consumidores, permite el desarrollo de nuevos alimentos, la mejora de la calidad de los existentes (Ramírez *et al.* 2014).

En cuanto al pescado, el análisis sensorial es el método más importante para evaluar la frescura y la calidad. Puede ser aplicado a cualquier tipo de pescado, siempre y cuando se tome en cuenta su origen biológico y químico de los fenómenos de deterioro, al controlar tres importantes factores: el daño físico que sufre el pescado al momento de la captura, la temperatura de conservación y el grado de contaminación microbiológica en la manipulación (Abaroa *et al.* 2008).

La evaluación sensorial hedónica, es una herramienta que interpreta las reacciones humanas hacia aquellas características de los alimentos y materiales que son percibidos a través de los sentidos de la vista, oído, olfato, gusto y tacto aportan mejores resultados que una maquina (Cárdenas 2014, Cárdenas *et al.* 2018). Están provocadas por el grado de satisfacción, teniendo en cuenta la subjetividad que determina cuando un alimento es o no aceptado (Alvares *et al.* 2008).

Es importante estandarizar los métodos de evaluación sensorial de pescado (Abaroa *et al.* 2008); sin embargo, es una prueba que se ha utilizado en diferentes peces como el besote (Eslava 2009), corvina (Merenco & Cárdenas 2012), dorada (Santaella *et. al.* 2012) y tilapia (Hleap *et al.* 2017).

La evaluación sensorial hedónica es una prueba que tiene como objetivo determinar si existen diferencias entre productos en la aceptación del consumidor. Generalmente se utiliza una escala hedónica de 9 puntos, aunque también existen variantes de ésta, consiste en pedir a los panelistas o jueces evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde "me gusta extremadamente" hasta "me disgusta extremadamente" y las muestras se codifican con números aleatorios en un orden de presentación balanceado (Ramírez 2012).

## **5 Materiales y Métodos**

### **5.1 Localización del área experimental**

La primera etapa del experimento que consistió en el pesaje y la alimentación de los organismos se efectuó en las instalaciones del laboratorio de acuicultura de la Universidad del Mar Campus Puerto Ángel Pochutla, Oaxaca, México.

La elaboración del alimento, la evaluación de canal y carne, así como el análisis sensorial; se ejecutaron en el Laboratorio de Tecnología de Productos Pecuarios, de la Universidad del Mar Campus Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México.

### **5.2 Animales experimentales**

Se utilizaron tilapias macho revertidos en etapa de engorda (200g a 300g) de 165 días de edad procedentes de la unidad productiva acuícola “Dos pececillos”; ubicada en el Municipio de San Gabriel Mixtepec.

### **5.3 Elaboración del alimento**

En la Figura 1 se muestran a detalle el procedimiento de elaboración del alimento. Se utilizaron hojas de moringa provenientes de las localidades de Río Grande y Manialtepec Oaxaca, los deshechos de pescado se obtuvieron del mercado local de Puerto Escondido Oaxaca.

Una vez obtenida la harina de cada ingrediente, se envasaron al vacío y se enviaron 20 g de cada muestra al laboratorio de análisis de alimentos (DNAB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el cual se les realizó Análisis Químico Proximal.

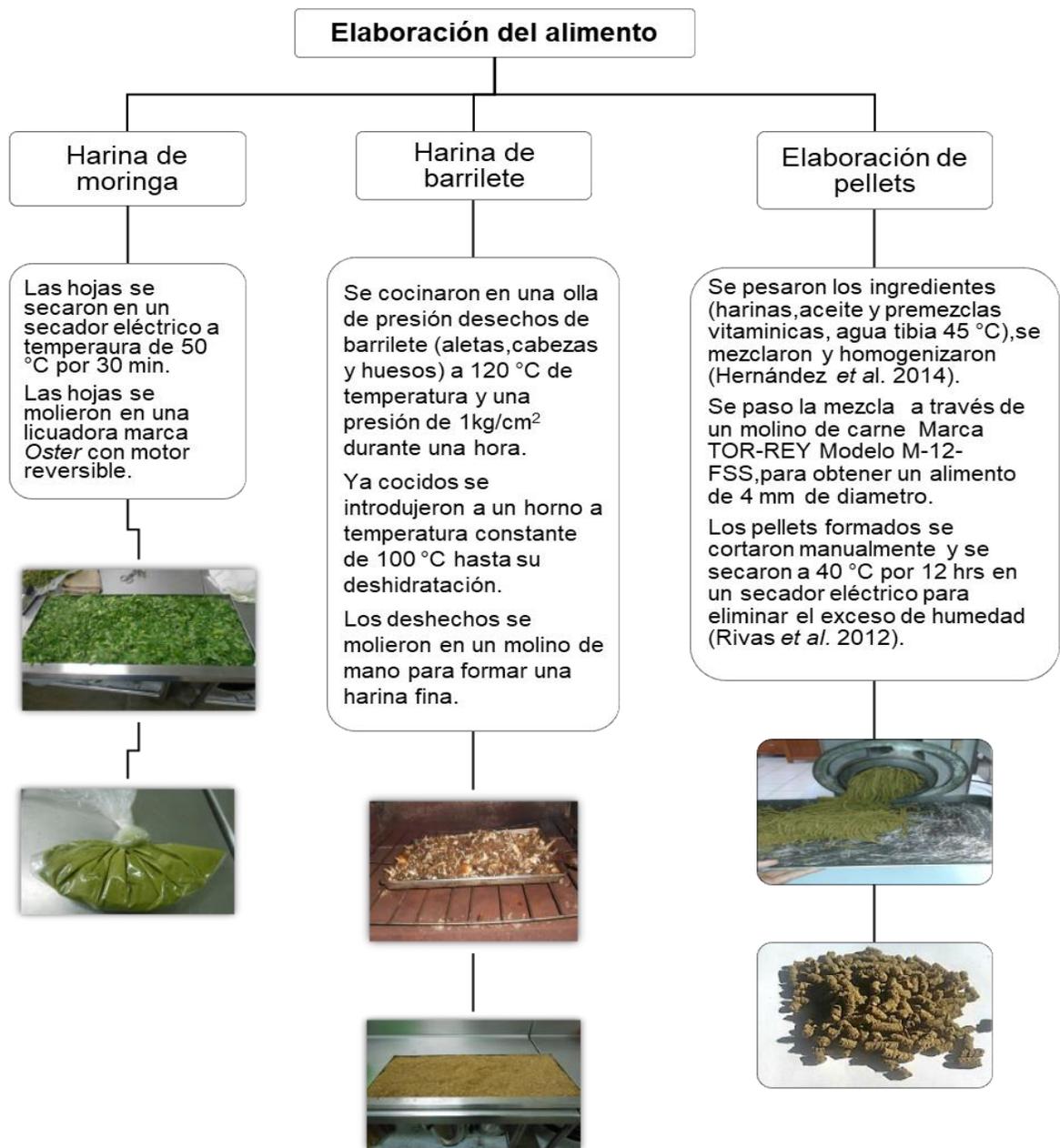


Figura 1 Elaboración del alimento.

Los resultados de dicho estudio se presentan en la Tabla VI. Con la información obtenida, se procedió a la formulación de las dietas, usando la técnica de cuadrado de Pearson de Noel (2003) en la cual se fijó la inclusión de harina de moringa en 10% y 20% respectivamente (Tabla VII).

Tabla VI. Análisis Químico Proximal de las harinas de moringa y barrilete elaboradas en el laboratorio.

Componente	Moringa		Barrilete	
	%		%	
	BH	BS	BH	BS
Materia seca (%)	93.30	100	96.78	100
Humedad (%)	6.70	0.00	3.22	0.00
Proteína Cruda (%)	22.3	23.90	44.92	46.41
Extracto etéreo (%)	8.2	8.79	7.02	7.26
Cenizas (%)	11.83	12.68	30.58	31.60
Fibra Cruda (%)	6.90	7.40	2.04	2.11
ELN	44.07	47.23	12.21	12.62
T.N.D.	76.44	81.93	59.93	61.92
E.D. Kcal/Kg	3,370.32	3,612.38	2,642.14	2,730.06
E.M. Kcal/Kg	2,763.37	2,961.84	2,166.33	2,238.41

BH=Base Húmeda, BS=Base Seca, E.L.N.=Extracto Libre de Nitrógeno, T.N.D.=Total de Nitrógeno Digestible, E.D.=Energía Digestible.  
E.M.=Energía Metabolizable.

Tabla VII. Composición de dietas elaboradas con moringa.

Ingrediente	T 1	T 2
	%	%
Harina de Moringa	10.00	20.00
Harina 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
Total	100.00	100.00

T1=Dieta con 10% de inclusión de moringa, T2=Dieta con 20% de inclusión de moringa.

Tabla VIII. Análisis Químico Proximal de los tratamientos.

Componente	T1		T2		T3	
	%		%		%	
	BH	BS	BH	BS	BH	BS
Materia Seca	94.79	100.00	95.82	100.00	92.43	100
Humedad	5.21	0.00	4.18	0.00	7.57	0.00
Proteína Cruda	31.26	32.98	32.70	34.13	30.13	32.59
Extracto etéreo	9.34	9.86	10.07	10.51	3.59	3.89
Ceniza	15.00	15.83	15.15	15.81	7.04	7.62
Fibra Cruda	1.22	1.28	2.94	3.06	3.59	3.88
ELN	37.96	40.04	34.97	36.49	48.08	52.02
T.N.D.	77.14	81.38	77.87	81.26	74.94	81.07
E.D. Kcal/Kg	3,401.10	3,588.18	3,433.09	3,582.68	3,303.90	3,574.51
E.M. Kcal/Kg	2,788.61	2,942.00	2,814.83	2,937.49	2,708.91	2,930.79

T1=Dieta con inclusión de 10% de moringa, T2=Dieta con inclusión de 20% de moringa, T3=Dieta comercial, BH=Base Húmeda. BS=Base Seca, ELN=Extracto Libre de Nitrógeno, T.N.D.=Total de Nitrógeno Digestible, E.D.=Energía Digestibles, E.M.=Energía Metabolizable.

### 5.3.1 Ingredientes del alimento comercial

Como dieta testigo se utilizó alimento comercial<sup>1</sup> para tilapia que según el precinto contenía: maíz, sorgo, trigo, pastas oleaginosas, harina de pescado, harina de carne de bovino porcino o caprino u ovino, solubles de pescado, subproductos de ave (pollo de engorda y gallina de postura), harina de sangre de pollo, gluten de maíz, salvado y acemita de trigo, grano seno de destilería, pulido de arroz, aceite de soya. aceite de pescado, fosfolípidos; vitaminas A, C, D, E; y del complejo B, carotenoides, calcio, cloruro de sodio, fosfato de calcio, yoduro de potasio, sulfuro ferroso, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso, óxido de zinc, selenio y cromo orgánico.

<sup>1</sup> Grow fish® 2 Tilapia de Malta Cleyton.

## 5.4 Distribución de los organismos

Se ingresaron y aclimataron un lote de 150 organismos por 7 días, en piletas que contaban con aireación constante, con medidas de 2.98 m de largo, 1.4 m de ancho, 0.72 m de alto y 0.57 m de columna del agua.

Pasado el periodo de aclimatación, las tilapias fueron marcadas con etiquetas para peces enumeradas de color naranja con una pistola etiquetadora de AVERY DENNISON® Mark III Pistol Grip Tool N0 10651, como se muestra en la Figura 2.

Los peces se distribuyeron de manera aleatoria en tres estanques, se ajustaron a densidad de 30 organismos por estanque 15 organismos por m<sup>2</sup>; los animales muertos fueron reemplazados para mantener la densidad de animales durante este periodo de aclimatación.



A) Estanques con aireación.

B) Unidades experimentales en el estanque.

C) Etiquetado de los peces.

Figura 2 Animales experimentales.

## 5.5 Calidad de Agua

Cada semana se midieron los principales parámetros fisicoquímicos para monitorear la calidad del agua, el recambio de agua se realizó de manera manual y la limpieza diariamente mediante sifoneo del material orgánico dos veces al día (Figura 3).

La temperatura y pH se midió con un medidor multi paramétrico digital de la marca Hanna Instriments® modelo HI98127. Los nitratos y nitritos se midieron con un kit colorimétrico de la marca Nutrafin®, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.



A) Limpieza de los estanques.



B) Kit colorimétrico de nitratos y nitritos.

Figura 3 Calidad de agua de los estanques.

## 5.6 Alimentación

Los animales se alimentaron 3 veces al día 10:00,14:00 y 18:00 horas (Torres – Córdova 2012), la ración se ajustó de acuerdo con el peso promedio de los peces cada semana, proporcionando 1% del peso total de la biomasa (CESAY A.C. 2018) utilizando las siguientes formulas:

Peso Promedio =  $\text{Peso total de peces medidos} / \text{Número de peces medidos}$

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

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

Donde:

$\% \text{ de alimento ofrecido} = 1\%$

Los animales se alimentaron durante 64 días, tiempo en que los animales llegan al peso promedio para plato de 400 g con las dietas elaboradas, se procedió a su sacrificio y se continuó evaluar la calidad de canal, carne y el análisis sensorial.

## 5.7 Sacrificio de los peces

Los animales se sacrificaron, usando la técnica de clavija perforadora o ikel jimel (OIE 2018). La cual consistió en el daño físico del cerebro insertando una clavija o aguja cautiva en el cerebro. Inmediatamente después se cortó por detrás de la cabeza y la vena de la cola, se introdujo un alambre a través del canal de nervios para destruir la médula espinal para permitir un mejor desangrado. Después, los animales se colocaron en agua con hielo por 10 minutos (Figura 4).

Después del desangrado se procedió a la obtención de los filetes, que también fueron enfriados con hielo molido para evitar su descomposición, para ser transportados, en una hielera Marca IGLOO® de 58 L, al laboratorio donde fueron evaluados.



A) Punción del cerebro.



B) Desangrado de los animales.

Figura 4. Sacrificio de los animales.

## 5.8 Variables Productivas

### 5.8.1 Talla

Los organismos se midieron con un ictiómetro de aluminio marca Haglof SWEDEN® cada semana obteniendo las siguientes mediciones (Figura 5 y Figura 6 A):

Longitud total: Distancia que existe desde el punto más craneal hasta el punto más caudal sobre la línea media.

Longitud parcial: Distancia que existe desde el punto más craneal sobre la línea media proyectado perpendicularmente con respecto al eje longitudinal del cuerpo del pez hasta el límite caudal del pedúnculo.

Altura máxima: Distancia vertical del segmento más amplio del tronco del pez.

Altura mínima: Distancia vertical del segmento más estrecho del pedúnculo caudal (Chabacan & Fuentes 2008).

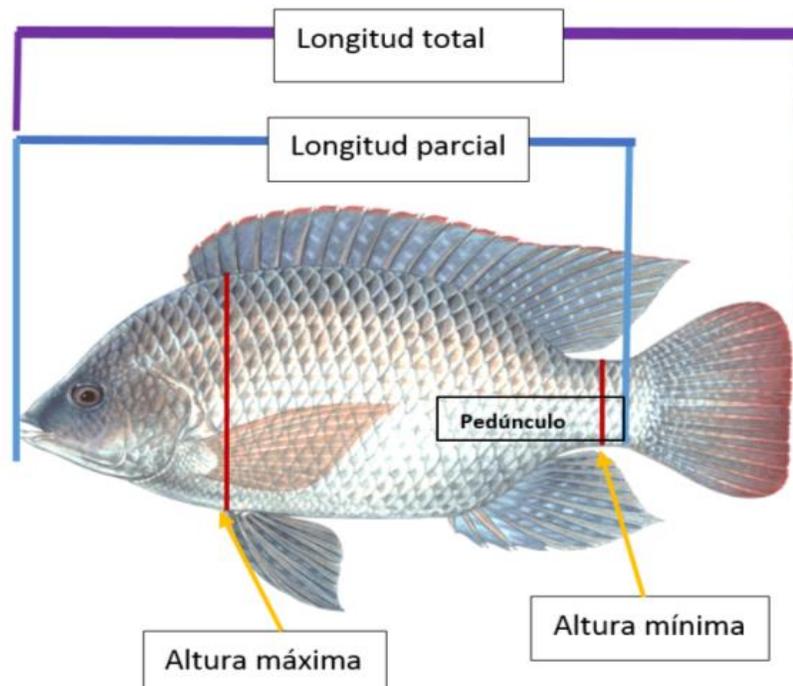


Figura 5 Medidas de talla

### 5.8.2 Ganancia diaria de peso

Para estimar la ganancia diaria de peso (GDP) se pesaron los animales de manera individual cada semana con una báscula digital comercial L-PCR marca TOR-REY® 5 Kg (Figura 6 B), utilizando la fórmula de Aguilar *et al.* (2010) que determina la relación entre el peso inicial del pez con el peso final entre el tiempo entre una medición y otra.

$$GDP = \frac{(\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial})}{\text{tiempo}}$$

### 5.8.3 Conversión alimenticia

Para calcular la conversión alimenticia, diariamente se pesó la cantidad de ración diaria de alimento estimada para la biomasa de cada estanque. Al final de cada semana se calculó el alimento total ofrecido y se dividió entre el peso ganado en esa semana, así la conversión semanal en el estanque, se utilizó la fórmula reportada por Pineda (1999).

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

### 5.8.4 Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad se estimó como la relación entre el número de peces inicial y el número de peces muertos en cada semana expresada en porcentaje, esta mortalidad también se expresó de manera contraria como supervivencia, la cual expresa a los animales vivos o sobrevivientes con respecto a los animales muertos (Aguilar *et al.* 2010).

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

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



A) Medición de talla



B) Pesaje de los animales

Figura 6. Toma de medidas de parámetro productivos

## 5.9 Variables de calidad de la canal

Después de sacrificados y desangrados los peces, se procedió al retiro de las vísceras y la obtención del filete, se determinaron los rendimientos expresados en porcentaje midiendo los siguientes parámetros: peso entero, peso eviscerado, peso del filete (Eslava 2009, Mora 2005, Rojas 2011) (Figura 7).

Fórmulas para determinar rendimiento en canal y en filete:

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

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



A) Extracción de filete



B) Pesaje de los filetes

Figura 7. Medición de parámetros de calidad de canal.

## 5.10 Variables de calidad de carne

Usando los filetes provenientes de la disección de la canal se midieron las características indicadoras de la calidad de la carne, estas variables fueron medidas dentro de la cámara de refrigeración (Alarcón *et. al.* 2006).

### 5.10.1 pH del filete

Para medir el pH se utilizó la metodología de Honikel (1998) indicada por Braña -Varela (2011). Estas mediciones se hicieron en dos tiempos a 45 min *post-*

*mortem* (pH 45) y a 24 h *post-mortem* (pH 24). Previo a cada medición el potenciómetro Hanna® (Modelo HI 99163) fue calibrado, con soluciones de pH 4 y pH 7. Después se realizó una incisión sobre el filete y se introdujo el electrodo con 2 cm de profundidad procediendo a hacer la lectura del pH, estas lecturas se hicieron en 3 sitios diferentes del mismo filete limpiando en cada ocasión el electrodo.

### **5.10.2 Temperatura de los filetes**

La temperatura se determinó en los filetes en dos tiempos a 45 min *post-mortem* (pH 45) y a 24 h (pH 24) *post-mortem* utilizando un potenciómetro/termómetro con electrodo de inserción Hanna® (Modelo HI 99163) (Figura 8. A).

### **5.10.3 Color**

Para determinar el color del filete se expuso la muestra al oxígeno del aire dejándola reposar por 30 minutos, posteriormente 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 ( $b^*$ ), se tomaron tres diferentes mediciones sobre la muestra ((Braña –Varela *et. al.* 2011) como se muestra en la Figura 8 B.

### **5.10.4 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua se determinó 24 h *post mortem*, para esto fueron tomadas muestras de 0.3 g de cada filete con una balanza analítica Denver Instrument MMX-412 con capacidad máxima de 410 g; y precisión de 0.01 g. Cada muestra se colocó entre dos papeles filtro, los cuales se ubicaron entre dos placas sobre las que se aplicó una presión de 10 Kg durante 15 min. Transcurrido este tiempo, se retiró el peso y se separó la muestra del papel, procurando eliminar cualquier resto de tejido que pudiera quedar adherido (Figura 8. C). Se empleó la

ecuación de Braña -Varela *et. al.* (2011) para determinar el porcentaje de capacidad de retención de agua (CRA):

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

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

### 5.10.5 Pérdida de agua por goteo

La pérdida de agua por goteo se realizó 24 h *post-mortem*, se pesaron 3 g de filete con una balanza analítica Denver Instrument® MMX-412 con capacidad máxima de 410 g; y precisión de 0.01 g, estas muestras fueron atravesadas con aguja e hilo para ser amarradas en la tapa de un recipiente desechable de plástico, a manera que quedaran suspendidas en recipientes al momento de ser colocada la tapa (Figura 8. D). Los recipientes tapados se colocaron en un refrigerador a temperatura constante 4 °C durante 24 h. A 48 h *post-mortem* las muestras se retiraron del recipiente y se registró el peso final (Villafañe 2010). La pérdida de agua por goteo (PG) se determinó con la siguiente ecuación:

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



A) Medición de pH y temperatura de filete de tilapia.



B) Medición del color de filete de tilapia.



C) Muestras de filete en el papel filtro.



D) Preparación de muestras para determinar pérdida por goteo.

Figura 8. Medición de parámetros de calidad de carne.

### 5.11 Evaluación sensorial de consumidores

La preparación de las muestras para la evaluación fue la siguiente: de cada pescado se tomaron porciones de 10g a 13g, los cuales se empacaron al vacío en bolsas plásticas, sin adicionarle condimentos. Las muestras se cocinaron en olla durante 15 min a temperatura de 80 °C de acuerdo con la metodología del *Codex alimentarius* (1999) (Figura 9).



A) Cocción de los filetes



B) Tratamientos para el análisis sensorial

Figura 9. Muestras de filetes para el análisis sensorial

Para el estudio de consumidores se utilizó la metodología de Cárdenas (2014). Un total de cien personas al azar entre hombres y mujeres que no tuviesen experiencia efectuando evaluaciones sensoriales (jueces consumidores). Se les

aplicó una encuesta donde se evaluaron las variables color, olor, textura, sabor, aroma y jugosidad (Figura 10).

Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (Paucar *et al.* 2016) donde 1=Me disgusta muchísimo, 2= me disgusta mucho, 3= me disgusta bastante, 4 me disgusta ligeramente, 5= ni me gusta, ni me disgusta, 6= me gusta ligeramente, 7= me gusta bastante, 8= me gusta mucho y 9= me gusta muchísimo.



Figura 10. Aplicación de la prueba sensorial.

## 5.12 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar donde cada animal se consideró como una unidad experimental. Como fuente de variación se consideró a la proporción de moringa en la dieta (10% y 20%). Las variables medidas fueron: 1) Variables productivas: talla, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y tasa de mortalidad 2) Variables de calidad de canal: rendimiento en canal y rendimiento en filete 3) Variables de calidad de carne: pH, color, capacidad de retención de agua y pérdida por goteo.

Antes de comenzar el experimento se realizó un análisis de varianza para peso inicial y así corroborar una adecuada distribución de las unidades experimentales en cada tratamiento por medio del procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (2003), a través del estadístico de prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) (Montgomery 2004, Rodríguez 2016). Se realizó el mismo análisis para las variables productivas, rendimiento de la canal y calidad de carne.

En caso de la talla se analizaron correlaciones para todo el conjunto de datos entre todas las variables estudiadas, para determinar sus relaciones con el procedimiento PROC CORR del programa SAS (García 2004, 2006).

Para el análisis sensorial, los datos obtenidos de los puntajes numéricos para cada muestra se tabularon y analizaron utilizando análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), ello para determinar si existen diferencias significativas de los puntajes asignados a las muestras (Ramírez 2012).

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Características productivas

En las Tablas IX y X se presenta el coeficiente de correlación y la ecuación de predicción de los tratamientos con respecto a la variable talla. Se encontró significancia estadística en todas las variables morfométricas ( $P \leq 0.05$ ) con relación a la variable independiente peso; para T1 se observó correlación positiva de mayor magnitud en las variables dependiente longitud parcial (0.90), longitud mínima (0.89) y longitud total (0.87); para el T2 se observa mayor magnitud en longitud máxima (0.86), longitud mínima (0.78) y longitud parcial (0.73) y para T3 mayor magnitud en longitud total (0.88), longitud máxima (0.76) y longitud mínima (0.74).

Para los tres tratamientos, las variables de mayor magnitud de correlación son longitud parcial, longitud máxima y longitud mínima, lo anterior difiere con lo publicado por Ulloa *et al.* (2009) quienes obtuvieron una correlación muy intensa de 0.98 en la variable longitud total en tilapias *Oreochromis aureus*. Estos mismos autores mencionan que las relaciones biométricas proporcionan información acerca de la manera en que varían entre sí las dimensiones del cuerpo de los organismos, lo que es afectado por el medio ambiente.

Pineda *et al.* (2004) concuerdan en que el ambiente, así como la genética de la especie intervienen en los parámetros morfométricos; sin embargo, los mismos autores sugieren que estas variables también pueden estar correlacionadas con los hábitos alimenticios de la especie, principalmente los valores de longitud total, longitud parcial y longitud máxima; asimismo, pueden ser consideradas al seleccionar una alimentación específica en caso de hibridación de especies.

Araújo *et al.* (2015) refieren que la morfometría es una herramienta para los criterios de selección; además, puede medir la velocidad de crecimiento de las tilapias. Estos autores estimaron la correlación entre la heredabilidad, peso corporal, altura, ancho y longitud; las correlaciones fueron todas positivas obteniendo valores entre peso y rasgos morfométricos entre 0.66 - 1.00.

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

Dieta con inclusión de 10% de moringa						
	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 con inclusión de 20% de moringa						
	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 comercial						
	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

LT=Longitud total, LP=Longitud parcial, LM=Longitud máxima, Lm= Longitud mínima.  
 (\*) = Correlación significativa (P< 0.05).

Tabla X. Ecuaciones de predicción para el crecimiento de tilapia con los diferentes tratamientos.

	Ecuación de predicción	n	r	Probabilidad
Dieta con inclusión de 10% de moringa	$Y = -345.42 + 105.00 Lm + 13.69 LT$	250	0.83	0.0001
Dieta con inclusión de 20% de moringa	$Y = -486.62 + 143.74 Lm + 14.14 LT$	260	0.69	0.0001
Dieta con alimento comercial	$Y = -489.02 + 24.62 LT + 60.84 Lm$	200	0.83	0.0001

n= Número de observaciones; r= Coeficiente de correlación

En la Tabla XI se muestra el promedio de los pesos vivos de los animales durante las 9 semanas de experimentación, no se muestran diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, lo que coincide con autores como Dongmeza *et al.* (2006) y Magouz *et al.* (2016) quienes mencionan que la moringa se puede incluir en la alimentación de tilapias a niveles entre 10 % y 12% sin causar efecto sobre el peso en juveniles. Empero, Richter (2003) indica que más de 10% de moringa en la dieta no es recomendado para tilapia, dado que disminuye el crecimiento, atribuyéndolo al contenido de metabolitos secundarios como las saponinas las cuales tienen un efecto tenso activo en la membrana celular, permitiendo la permeabilidad de la mucosa intestinal, dificultando el transporte activo y al fitato que reducen la biodisponibilidad de minerales y la digestibilidad de las proteínas.

Afuang *et al.* (2003), mencionan que la harina de hojas de moringa cruda extraída con solvente podría incluirse incluso en 33% debido a la inactivación de metabolitos secundarios. Sin embargo, Rivas *et al.* (2012) no encontraron significancias con hasta 20% de inclusión de moringa cruda, tanto en el crecimiento como en conversión alimenticia donde obtuvo valores de  $2.8 \pm 0.8$  en la dieta control,  $2.8 \pm 0.4$  para inclusión de 10%,  $3.4 \pm 0.5$  para 20 % y  $3.9 \pm 1.2$  para inclusión de 30%.

En el presente estudio se observaron diferencias significativas en la variable ganancia diaria de peso, T1 y T2 ganaron 0.26 g y 0.34 g respectivamente más que T3. En conversión alimenticia los tres tratamientos fueron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) tal como lo muestra la Tabla XII, con valores de  $3.44 \pm 0.17$  para T1,  $3.36 \pm 0.25$  para T2 y  $4.32 \pm 0.25$  para T3, en este último tratamiento los animales manifestaron cierto rechazo al alimento a diferencia del T1 y T2 con mejor aceptación en el consumo este posible rechazo pudo darse por el estrés al que fueron sometidos los animales, tanto en el manejo y densidad. Lo anterior se ve reflejado en el alimento suministrado, el cual presenta diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ).

Goes *et al.* (2019) mencionan que mantener a las tilapias en altas densidades, durante un periodo largo de tiempo, aparentemente conduce a una

condición de estrés crónico, que puede afectar el rendimiento y bienestar de los peces a través del estrés provocado por hacinamiento y/o cambios de calidad de agua. En la Tabla XII se muestra los resultados de calidad de agua, donde se puede observar que se mantuvieron dentro de los rangos tolerables para la especie, sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos, presentando pH mayor a 6, temperatura de 26 °C, los nitritos por debajo de 5 mg/L y nitratos menores a los 100 mg/L (Fimbres- Acedo 2015).

La variable supervivencia presentó diferencias ( $P \leq 0.05$ ) siendo el de menor porcentaje T3 con 93% mientras que para T1 de 99% y T2 de 97%. Mandalla *et al.* (2013) mencionan que la supervivencia aumenta de acuerdo con la inclusión de moringa en el alimento, reportando valores de 80% para la dieta control, 86 % para inclusión de 15%, 86.67 % para 30% y 96.67% para 40% de inclusión de moringa. En este sentido la moringa es una planta con alto contenido de antioxidantes, las cuales podrían evitar posibles patologías en animales (Qwele *et al.* 2013); dado que reducen el estrés oxidativo celular, el cual, altera la morfofisiología celular debido a una excesiva producción de radicales libres, lo que provoca daño de diversas proteínas alterando su función biológica.

Afuang *et al.* (2003) y Hussein (2016) reportan efectos hipocolesteroémicos e hipolipemiantes de la moringa, sin mostrar daños histopatológicos en los tejidos corporales. A esto, Padilla-Santamaría & Cruz- Balderrabano (2016) sugieren que posee una acción antidiabética dado el alto contenido de bioflavonoides en sus hojas, los cuales ayudan al aprovechamiento de glucosa en tejidos periféricos, estimulando la producción de insulina favoreciendo la glucogenogénesis, actuando sobre sobre los canales de  $K^+$  dependientes de ATP incrementando el potencial de membrana, además de aumentar los niveles de  $Ca^{++}$  intracelular, también, Ibrahim *et al.* (2019) demostraron que la moringa puede contrarrestar el impacto inducido por insecticidas agrícolas en el agua, añadiéndola en alimento hasta 10%, sin afectar el rendimiento de los animales.

Tabla XI. Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) de los pesos vivos (g) de tilapias alimentadas con dietas experimentales.

Peso vivo	Edad (d)	T1	T2	T3
Inicial	165	298.48 $\pm$ 6.98 <sup>a</sup>	302.62 $\pm$ 6.18 <sup>a</sup>	315.00 $\pm$ 6.84 <sup>a</sup>
Semana 1	172	316.00 $\pm$ 7.16 <sup>a</sup>	312.37 $\pm$ 6.55 <sup>a</sup>	324.95 $\pm$ 7.11 <sup>a</sup>
Semana 2	180	324.60 $\pm$ 7.48 <sup>a</sup>	323.37 $\pm$ 8.05 <sup>a</sup>	333.80 $\pm$ 7.39 <sup>a</sup>
Semana 3	186	331.88 $\pm$ 7.54 <sup>a</sup>	332.95 $\pm$ 7.62 <sup>a</sup>	339.05 $\pm$ 7.6 <sup>a</sup>
Semana 4	193	336.96 $\pm$ 7.62 <sup>a</sup>	342.37 $\pm$ 8.31 <sup>a</sup>	345.65 $\pm$ 7.73 <sup>a</sup>
Semana 5	201	350.08 $\pm$ 8.14 <sup>a</sup>	346.45 $\pm$ 10.41 <sup>a</sup>	350.45 $\pm$ 6.64 <sup>a</sup>
Semana 6	208	366.04 $\pm$ 8.75 <sup>a</sup>	362.95 $\pm$ 9.29 <sup>a</sup>	359.65 $\pm$ 8.37 <sup>a</sup>
Semana 7	214	377.72 $\pm$ 9.20 <sup>a</sup>	377.45 $\pm$ 10.46 <sup>a</sup>	370.40 $\pm$ 9.13 <sup>a</sup>
Semana 8	221	391.24 $\pm$ 9.80 <sup>a</sup>	391.58 $\pm$ 11.61 <sup>a</sup>	391.10 $\pm$ 10.69 <sup>a</sup>
Semana 9	228	397.88 $\pm$ 10.10 <sup>a</sup>	406.50 $\pm$ 12.87 <sup>a</sup>	398.80 $\pm$ 11.34 <sup>a</sup>

$\mu$  =Media, EE=Error Estándar, a=Medias en hilera con la misma literal no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ), T1= Dieta con inclusión de 10% de Moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de Moringa, T3 =Dieta comercial.

Tabla XII. Respuesta media ( $\mu \pm EE$ ) en el alimento ofrecido, ganancia de peso y conversión alimenticia en tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Variable \ Tratamiento	T1	T2	T3
Alimento Suministrado (g/día)	25.65 $\pm$ 0.0.24 <sup>b</sup>	25.65 $\pm$ 0.29 <sup>a</sup>	25.43 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>
Ganancia de peso (g/día)	1.57 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	1.65 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	1.31 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
Conversión alimenticia	3.44 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	3.36 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	4.32 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>
Supervivencia (%)	99.51 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	97.81 $\pm$ 0 <sup>a</sup>	93.30 $\pm$ 0 <sup>b</sup>

$\mu$  =Media, EE=Error Estándar, a, b=Medias en hilera con distinta literal difieren estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ), T1= Dieta con inclusión de 10% de moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de moringa, T3 =Dieta comercial.

Tabla XIII Variables indicadoras de calidad de agua en los estanques para los diferentes tratamientos.

	T1	T2	T3
pH	6.94±0.18 <sup>a</sup>	6.43±0.06 <sup>a</sup>	6.26±0.6 <sup>a</sup>
Temperatura (°C)	26.6±0.34 <sup>a</sup>	26.5±0.11 <sup>a</sup>	26.37±0.05 <sup>a</sup>
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) mg /L	1.48±0.18 <sup>a</sup>	1.98±0.23 <sup>a</sup>	2.13±0.23 <sup>a</sup>
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg /L	50.00±6.26 <sup>a</sup>	63.3±8.7 <sup>a</sup>	65.6±9.19 <sup>a</sup>

a = Medias en hilera con misma literal no difieren estadísticamente (P> 0.05, T1= Dieta con inclusión de 10% de Moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de Moringa, T3 =Dieta comercial, mg/L=miligramos por litro.

## 6.2 Calidad de la canal

La Tabla XIV muestra la comparación de medias de los parámetros de calidad de canal, no se presentan diferencias entre las variables de rendimiento en canal y rendimiento en filete (P> 0.05), se reporta para rendimiento en canal 92.83 ± 0.21% para T1, 92.16 ± 0.32 % para T2 y 91.71 ± 1.02% para T3 resultando ser superiores a los reportados por Rojas-Runjaic *et al.* (2011) quienes obtuvieron rendimientos en canal de 68.20% en tilapias de 375.60 g, de la misma forma que Perdomo *et al.* (2017) con 81.92 ±3 % para tilapias de 352.2 ± 61.78 g de peso. En cuanto a rendimiento en filete con piel este último autor reportó 42.88 ± 2.85 %; 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: ambos resultados son menores que los obtenidos en el presente estudio, rendimiento en filete fue 21.87 ± 0.44 % para T1, 22.05 ± 0.44 para T2 y 22.68 ± 0.26% T3, por lo que, en el proceso de retiro del filete se pierde casi 70% músculo, además de la pérdida en el retiro de la piel.

Con otras especies como el besote, Eslava *et al.* (2009) mencionan que se considera aceptable un valor de rendimiento en filete que oscile entre 20% y 40% y que lo más común son fluctuaciones entre 30 % y 35%, García *et al.* (2006) obtuvieron para trucha (*Oncorhynchus mykiss*) rendimiento en canal de 86% y 53% para rendimiento en filete.

Para la calidad de canal, García (2006) indica que es afectada por la variabilidad genética, mientras que Kubitzka (1999) lo atribuye a la alimentación, puesto que en animales con peso mayor a 200 g presentan también mayor deposición grasa en las vísceras debido aumento de la energía en las raciones.

Tabla XIV. Comportamiento medio ( $\mu \pm EE$ ) variables de calidad de canal de tilapias alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Tratamiento	T1	T2	T3
Peso entero (g)	397.88±10.10 <sup>a</sup>	406.50±12.87 <sup>a</sup>	398.80±11.34 <sup>a</sup>
Peso Eviscerado (g)	360.67±9.91 <sup>a</sup>	358.11±12.88 <sup>a</sup>	361.00±10.67 <sup>a</sup>
Peso del filete (g)	85.39±3.28 <sup>a</sup>	86.81±4.02 <sup>a</sup>	89.15±3.21 <sup>a</sup>
Rendimiento en canal (%)	92.83±0.21 <sup>a</sup>	91.71±1.02 <sup>a</sup>	92.16±0.32 <sup>a</sup>
Rendimiento en filete (%)	21.87±0.44 <sup>a</sup>	22.05±0.44 <sup>a</sup>	22.68±0.26 <sup>a</sup>

$\mu$  =Media, EE=Error Estándar, a=Medias con la misma literal no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ), T1= Dieta con inclusión de 10% de Moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de Moringa, T3 =Dieta comercial.

### 6.3 Calidad de carne

En la Tabla XV se muestran las medias para las características fisicoquímicas de los filetes de tilapia; para la variable  $T_{45}$  se observan diferencias ( $P \leq 0.05$ ), el T2 fue mayor 2.94°C y 3.09°C que T1y T3 respectivamente, esto pudo darse por la demora en el enfriado del filete, Huss (1988) refiere que si esto sucede por encima de 17 °C, se corre el riesgo de acelerar el proceso de *rigor mortis*, afectando la velocidad de oxidación y debido al desgarramiento del filete por la contracción muscular, a la capacidad de retención de agua llegando a perder hasta 5% (Marón & Zamorano *et al.* 2004).

Sin embargo, un aspecto que pudo influir de manera contundente en la presentación de *rigor mortis* según Alarcón *et al.* (2006) y Goes *et al.* (2018, 2019), es el método de sacrificio, en este estudio se usó la técnica ike jime o clavija perforadora, esta técnica usada por Duque *et al.* (2019) demostró reducir el tiempo

de muerte en un rango de 1 min a 5 min máximo, promoviendo un mejor desangramiento en los peces y reducción del estrés pudiendo retrasar el *rigor mortis*. Aunque Castro *et al.* (2016) sacrificaron por hipoxia a tilapias aludiendo que no afecta al rigor mortis, éste reportó valores de pH del filete a 24 h de  $7.41 \pm 0.09$  lo que podría favorecer a la pérdida de agua y exponerlo a la descomposición bacteriana.

En el caso de  $T_{24}$ ,  $T_2$  fue menor  $1.51 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $1.25 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $T_1$  y  $T_3$  respectivamente, asociado a la cantidad de agua libre que contuvo el músculo, el cual se mide mediante la pérdida por goteo, en este caso  $T_2$  exudó menor cantidad de agua extracelular ( $2.16 \pm 0.29$ ). Según Marón-Fuenmayor & Zamorano-García *et al.* (2004) el agua es el factor de mayor importancia durante el enfriamiento de las canales puesto que puede perderse muy fácilmente por la manipulación.

En el caso del  $\text{pH}_{45}$  no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ), se mantuvo en la neutralidad para los tres tratamientos. Este indicador de calidad es el resultado del anabolismo del músculo después de la muerte, lo que produce ácido láctico por el agotamiento del trifosfato de adenosina (ATP), lo que inicia el proceso de *rigor mortis*, tanto la actina y la miosina, forman el complejo acto-miosina inextensible, causando la rigidez del cuerpo y por consiguiente la disminución de pH (Wang *et al.* 2018).

En peces de carne blanca, esta situación ocurre más rápido, dado el bajo contenido de glucógeno (Li *et al.* 2008). Esta estrecha relación entre el desequilibrio redox y la calidad de la carne, está dada por los cambios en niveles de cortisol en la sangre como respuesta primaria y secundaria; la glucosa, el lactato y el pH (Díaz & Robotham 2015). Goes *et al.* (2019) reportaron pH de 6.8 a la primera hora y pH de 7 a 24 h en animales estresados por altas densidades muy parecido al efecto del sacrificio por hipoxia.

En  $\text{pH}_{24}$  no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), siendo muy similares en los tres tratamientos ( $T_1 = 6.35 \pm 0.02$ ,  $T_2 = 6.35 \pm 0.03$ ,  $T_3 = 6.31 \pm 0.02$ ). Estos resultados se asemejan a los reportados por Chaijan (2011) en un estudio acerca de cambios fisicoquímicos del filete de tilapia durante la salazón,

reportando pH muscular *post-mortem* de  $6.24 \pm 0.04$ , además refiere que el pH final del músculo de tilapia se encuentra aceptable en un rango de 6.2 a 6.6; lo que se puede inferir que en el presente estudio los tres tratamientos tuvieron una gradual resolución de *rigor mortis* según Huss (1988) esto sucede a 18 h aproximadamente del sacrificio.

Para la variable de color, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ), para T3 se observa con color ligeramente mayor de  $a^*$  rojo ( $-1.85 \pm 0.06$ ), esto se ve relacionado con los compuestos hemo. Según Valls *et al.* (2004) el color rojo depende del pH, debido que puede ocurrir oxidación de la oximioglobina a metamioglobina, produciéndose cambios del color rojo al marrón. Estos mismos autores observaron decoloraciones en carne de sardina en congelamiento, entre mayor formación de pigmentos  $a^*$  disminuyen  $L^*$  y  $b^*$ , lo que ocasionó pérdida en su valor comercial; sin embargo, esta decoloración es mínima en pH entre 5.6 y 6.3.

Fonseca *et al.* (2013) obtuvieron similitud en el comportamiento de color en filetes de tilapia lavadas y no lavadas con agua clorada. Estas últimas aumentando el valor de  $a^*$  y disminuyendo el valor de  $L^*$ , conforme a los días de conservación; se puede especular que los filetes con moringa no fueron afectados por la oxidación al ser expuestos al oxígeno del ambiente (Qwele *et al.* 2013).

En cuanto a los valores de  $b^*$ , se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ), T3 fue menor ( $b^*=4.38 \pm 0.43$ ) que T1, el cual tuvo tendencia al color amarillo, probablemente por los carotenoides presentes en la moringa (Richter 2003). Sin embargo, T2 fue similar a T1 y T3, para  $L^*$  no se encontraron diferencias (T1= $50.84 \pm 0.63$ , T2= $48.63 \pm 0.57$  y T3= $49.08 \pm 0.86$ ), estos valores generalmente son más altos en carne blanca, debido al reflejo de la luz; sin embargo, los valores presentados son menores o similares a los reportados en estudios de peces de carne roja como la caballa ( $53.60 \pm 1.91$ ); y la sardina ( $47.76 \pm 0.01$ ). (Alba *et al.* 2019).

Mukumbo *et al.* (2014) obtuvieron valores altos de  $b^*$  en carne de cerdo al aumentar los niveles de moringa hasta 7% en la dieta, atribuyéndolo a los betacarotenos presentes en planta, observando también estabilidad de color hasta

por 10 días en refrigeración prolongando la aceptabilidad de color y olor. También Cohen *et al.* (2017) reportaron valores más altos de  $b^*$  en filetes de cordero alimentados con moringa 24 h después del sacrificio. En este sentido, Moyo *et al.* (2012) comprobaron la eficiencia de la moringa tanto en la eliminación, como en la captación de radicales libres, al evaluar la extracción de compuestos fenólicos, flavonoides y flavonoles y su efecto antioxidante, sobre la actividad del superóxido dismutasa (SOD), peróxido de lípidos (LPO), glutatión reducido (GSH) y catalasa (CAT), reemplazando a la actividad de la catalasa, enzima antioxidante natural de los tejidos.

Para la capacidad de retención de agua no se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ); sin embargo, se puede observar que T1 y T2 retuvieron 7.83 % y 5.23 % respectivamente más agua que T3. Al ser la capacidad de retención de agua, como la pérdida por goteo, parámetro que mide la habilidad del músculo para retener el agua libre por capilaridad y fuerza de tensión del músculo (Díaz & Robotham 2015), se puede notar su relación entre ambas, en este caso se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) siendo mayor para T3 con  $4.29 \pm 0.43\%$ , perdiendo casi el doble de agua que T2 con  $2.16 \pm 0.29 \%$ .

Ocampo *et al.* (2009) mencionan que la pérdida de agua extracelular sin aplicar una fuerza externa es debido 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 de corte durante el tiempo que puede variar desde horas hasta días. 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*.

En este sentido Cohen *et al.* (2017) comprobaron en carne de cabra, alimentadas con moringa, que dieron origen a compuestos que debilitaron la interacción entre actina y miosina resultando tener sarcómeros más largos, liberando enzimas proteolíticas alcanzando sitios de acción que podrían asimilarse al de calpainas *post-mortem* durante el envejecimiento de la carne teniendo una acción de ablandador natural, mejorando a su vez la textura. Richter (2003) también

menciona que al aumentar los niveles de inclusión de hojas de moringa en la dieta para tilapia aumentó la humedad corporal en un análisis químico proximal de los filetes, mientras disminuía la cantidad de lípidos.

Tabla XV. Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) en variables de calidad de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Tratamiento	T1	T2	T3a
Variables			
pH <sub>45</sub>	7.09±0.034 <sup>a</sup>	7.11±0.02 <sup>a</sup>	7.08±0.03 <sup>a</sup>
pH <sub>24</sub>	6.35±0.02 <sup>a</sup>	6.35±0.03 <sup>a</sup>	6.31±0.02 <sup>a</sup>
T <sub>45</sub>	16.34±0.58 <sup>b</sup>	19.37±0.61 <sup>a</sup>	16.28±0.81 <sup>b</sup>
T <sub>24</sub>	11.21±0.34 <sup>a</sup>	9.70±0.35 <sup>b</sup>	10.95±0.38 <sup>a</sup>
Color			
L*	50.84±0.63 <sup>a</sup>	48.63±0.57 <sup>a</sup>	49.08±0.86 <sup>a</sup>
a*	-1.23±0.09 <sup>b</sup>	-1.52±0.10 <sup>b</sup>	-1.85±0.06 <sup>a</sup>
b*	+6.62±0.41 <sup>a</sup>	+5.54±0.43 <sup>ab</sup>	+4.38±0.43 <sup>b</sup>
CRA (%)	49.08±5.35 <sup>a</sup>	46.48±4.11 <sup>a</sup>	41.25±6.05 <sup>a</sup>
PG (%)	3.79±0.33 <sup>a</sup>	2.16±0.29 <sup>b</sup>	4.29±0.43 <sup>a</sup>

$\mu$  =Media, EE=Error Estándar, a, b=Medias en hilera con diferente literal difieren estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ), T1= Dieta con inclusión de 10% de Moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de Moringa, T3 = Dieta comercial, pH<sub>45</sub>=pH 45 minutos *post-mortem* (°C), pH<sub>24</sub>=pH 24horas *post-mortem* (°C), T<sub>45</sub>=Temperatura 45 minutos *post-mortem* (°C), T<sub>24</sub>=Temperatura 24 horas *post-mortem* (°C), L\*=Luminosidad, a\*=Color Rojo, b\*=Color Amarillo, CRA=Capacidad de Retención de Agua, PG=Pérdida por goteo.

#### 6.4 Análisis sensorial

En la Tabla XVI se muestran las medias de las puntuaciones de los atributos sensoriales del análisis de consumidores. Estas no muestran diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para la apariencia, color, textura y jugosidad probablemente a que no hubo cambios en el pH (Goes *et al.*2019). Sin embargo, la apariencia y color, aunque no presentó diferencia estadística T3 obtuvo ligeramente mayor puntuación. Posiblemente los consumidores detectaron la diferencia de color que presenta el análisis fisicoquímico.

Se puede resaltar que las carnes con tendencia al rojo son más atractivas, puesto que los consumidores se guían por percepciones y experiencias pasadas

(Joo *et al.* 2013), Alarcón *et al.* (2006) señalan que las carnes más aceptadas son las de mayor intensidad de rojo, baja luminosidad y bajo color amarillo, Wang *et al.* (2018) estipulan que en pescado no necesariamente tiene que ser así, incluso en pescados de carnes rojas como el atún, puesto que esto no necesariamente está relacionado con la frescura de la carne, lo que puede ser malinterpretado por los consumidores sobre las carnes frescas de pescado especialmente en carnes blancas como la de la tilapia.

En cuanto a los valores de sabor y aroma, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) resultando tener mayor preferencia los filetes de tilapias alimentadas con moringa (T1 y T2).

Fallowo *et al.* (2018) mencionan que los antioxidantes en la moringa como la vitamina E evita la oxidación de los lípidos, lo que promueve el sabor de la carne, además, estos tratamientos también perdieron menos agua, Ocampo *et al.* (2009) y Cohen *et al.* (2017) coinciden en que la pérdida por goteo también afecta de manera contundente a atributos sensoriales como jugosidad, textura, olor y color.

Tabla XVI. Comparación de medias ( $\mu \pm EE$ ) en variables de atributos sensoriales de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.

Tratamiento	T1	T2	T3
Variabes			
Apariencia	6.76±0.17 <sup>a</sup>	6.65±0.20 <sup>a</sup>	6.80±0.20 <sup>a</sup>
Color	6.57±0.20 <sup>a</sup>	6.59±0.20 <sup>a</sup>	6.59±0.21 <sup>a</sup>
Olor	7.04±0.21 <sup>a</sup>	7.14±0.20 <sup>a</sup>	6.90±0.20 <sup>a</sup>
Textura	7.22±0.18 <sup>a</sup>	6.92±0.20 <sup>a</sup>	7.00±0.19 <sup>a</sup>
Sabor	7.15±0.21 <sup>a</sup>	6.71±0.20 <sup>ab</sup>	6.2 ±0.26 <sup>b</sup>
Aroma	6.95±0.20 <sup>a</sup>	6.47±0.20 <sup>ab</sup>	6.17±0.22 <sup>b</sup>
Jugosidad	6.47±0.22 <sup>a</sup>	6.33±0.21 <sup>a</sup>	6.38±0.24 <sup>a</sup>

$\mu$  =Media, EE=Error Estándar, a, b=Medias en hilera con distinta literal difieren estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ), T1= Dieta con inclusión de 10% de Moringa, T2= Dieta con inclusión de 20% de Moringa, T3 = Dieta comercial.

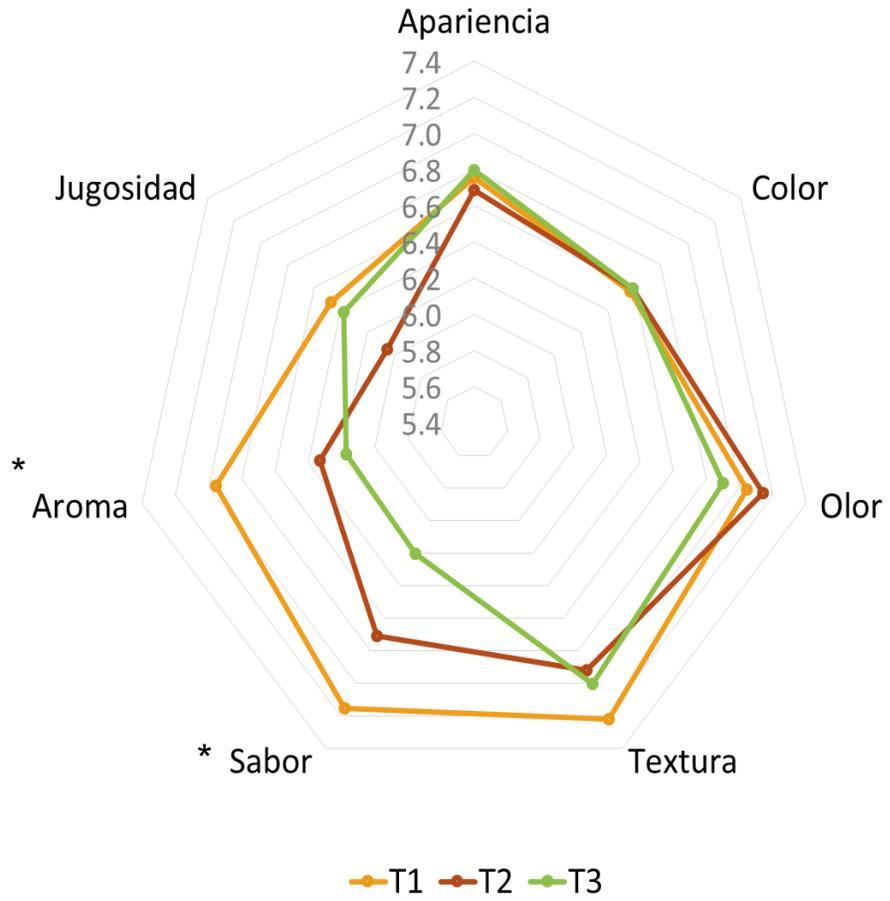


Figura 11. Atributos sensoriales de filetes de tilapia alimentadas con diferentes dietas experimentales.

## **7 CONCLUSIONES**

La inclusión de moringa en la dieta no afectó a los parámetros morfométricos de talla, resultando mayor magnitud de correlación con el peso, las variables longitud mínima y longitud total, por lo que estos parámetros pueden ser utilizados complementariamente para la selección y monitoreo del crecimiento de los animales.

Los parámetros productivos se encuentran dentro de los rangos para esta especie reportados por los investigadores que alimentaron con esta planta, en esta investigación se mejoró la ganancia de peso al día, presentando una buena aceptación del alimento por los peces. Además, mejoró la supervivencia.

El rendimiento en canal y el rendimiento en filete no fueron modificados por el alimento con moringa.

Muchos autores coinciden en el valor antioxidante de la moringa para mejorar la calidad de la carne, en este estudio se observó la incidencia de la moringa en el color del filete resultando ser más amarillo, se mantuvo el color en su exposición al oxígeno ambiental, mejoró la capacidad de retención de agua lo que favoreció a estabilizar su temperatura en refrigeración y le otorgó atributos preferenciales de sabor y aroma.

## **8 RECOMENDACIONES GENERALES**

Los resultados obtenidos demuestran la posibilidad de hacer un alimento artesanal como opción para alimentar tilapias en comunidades vulnerables, por lo que es recomendable hacer un estudio de costos de producción para determinar la factibilidad de adquisición de recursos.

De acuerdo con esto, es importante hacer énfasis en la investigación de recursos vegetales disponibles de cada región, capaces de mejorar tanto la nutrición de los animales como, el aspecto económico; de la misma forma con los subproductos animales. En este sentido la harina de desechos de barrilete puede ser una alternativa para su uso en la alimentación de tilapia.

Se debe tomar en cuenta al aplicar una dieta experimental en la producción de peces, la responsabilidad medioambiental sobre los efluentes de esta, lo que es aconsejable investigar sobre el aprovechamiento de estos efluentes en otras actividades productivas aumentando la cadena de valor.

La moringa es una planta que ha demostrado tener muchas ventajas nutricionales que han sido sub aprovechadas, por lo que es necesario seguir haciendo pruebas tanto en el aspecto productivo como de salud de los animales.

Los productores de tilapia cada vez se encuentran más interesados en aspectos nutricionales que repercutan en la calidad del filete, lo que favorecería su transformación en subproductos con una mayor vida útil, así que se necesitan más investigaciones en esta área.

## 9 REFERENCIAS

- Abaroa, M.C., V.B. Pérez, A.Z. González, X. Aboitiz, C. Bald, S. Riesco & N. Picaza. 2008. Frescura del pescado: Guía visual para su evaluación sensorial, AZTI-Tecnalía, España :14 pp. Consultado el 13 de febrero de 2019: [https://issuu.com/aztitecnalia/docs/tablas de frescura 2016 free/14](https://issuu.com/aztitecnalia/docs/tablas_de_frescura_2016_free/14).
- Afuang, W., P. Siddhuraju & K. Becker. 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.
- Aguilar, F., G. Afanador-Téllez & A. Muñoz-Ramírez. 2010. Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus var. chitralada*) en un ciclo comercial de producción. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 57 : 104-118.
- Alba, M., J.M. Pérez-Andrés, S.M. Harrison, N.P. Bruton, C. M. Burgess & B.K. Tiwari. 2019. High pressure processing on microbial inactivation, quality parameters and nutritional quality indices of mackerel fillets. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 55 : 80-87.
- Alcántar, J.P.V., C.S. Santos, R.D. Moreno & A.C. Estrada. 2014. Manual para la Producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). UNPA-PIFI, Oaxaca, México, 81 pp.
- Alarcón-Rojo, A.D., J.G. Gamboa-Alvarado, F.A. Rodríguez-Almeida, J.A. Grado Ahuir & H. Janacua Vídales. 2006. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Técnica Pecuaria en México* 44(1) : 53-66.
- Álvarez, S. M. D., J. Zapico & J.A.C. Aguiar. 2008. Adaptación de la escala hedónica facial para medir preferencias alimentarias de alumnos de pre-escolar. *Revista Chilena de Nutrición* 35(1) : 38-42.
- Amerling, C. 2001. Antología: Tecnología de la carne, EUNED, Costa Rica, 308 pp.

- Araújo, F., S. Martinho, A. Ramos, T. Alencar S. Fonseca, A. Oliveira, S. Moreira, M. Guimarães & T. Maldonado. 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.
- Basurto, M. 1995. Algunos aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la Laguna de Chila Veracruz. *BIOTAM* 6(3). Consultado el 14 de diciembre del 2017: <http://ecologia.uat.edu.mx/paginaiea/biotam//v6n3/v6n3.html>
- Bautista, J. C. & J.M.J. Ruiz. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente* 3(8) : 10-14.
- Bermúdez, A., A.P. Muñoz & G.A Wills. 2012. Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*oreochromis niloticus*) cultivada en estanques de tierra. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 59(3) : 165-175.
- Bernardi, D.C., E. M. Teixeira & M.F. Queiroz. 2013. El método del índice para evaluar la frescura y la vida útil del pescado. *Braz. Arch. Biol. Technol* 56(4) : 587-598.
- Bjerkeng, B. 2000. Carotenoid pigmentation of salmonid fishes - recent progress, 71-89 pp, In: Cruz -Suárez, L.E., D. Ricque-Marie, M. Tapia Salazar, M.A. Olvera-Novoa & R. Civera-Cerecedo, (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola Mérida, Yucatán.*
- Botello-León, A., M. T. Viana, E. Téllez-Girón, E. Pullés-Ariza, M. Cisneros-López, G. Solano-Silveira, M. Valdivié, O. Miranda-Miranda., Y. Rodríguez, M Cutiño-Espinoza, L. Savón & A. Botello-Rodríguez. 2011. Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. *Agrociencia* 45 : 23-31.

- Braña-Varela, D., R. E. Ramírez E., L. M. S. Rubio, A. E. Sánchez, G. U. Torrescano, M. L. Arenas, J. A. Partida, E. A. Ponce & F. G. Ríos F. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne, INIFAP, México, 89 pp.
- Brown, L. 2000. Acuicultura para veterinarios, producción y clínica de peces. ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA, España, 19 pp.
- Brunelis, V., E. Pérez, N. Fonseca, F. O. Suárez, A. Labrada & L. Verdecia. 2016. Inclusión de harina de follaje de *Moringa oleifera* en dietas para cerdos en crecimiento. Revista Computadorizada de Producción Porcina 23 (1) : 38-45
- Cantor, F. 2007. Manual de producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 135 pp.
- Cárdenas, S. 2014. Evaluación sensorial hedónica de pescado, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera: 1-13 pp.
- Cárdenas-Mazón, N. V., C. E. Ceballos-Hermida, J.C. Salazar Yazelga, E.R. Romero Machado, P. L Gallegos Murillo & M. E-Cáceres-Mena. 2018. Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. Dom. Cien. 4(3) : 253-263.
- Caro, Y., D. Bustamante, L. E. Dihigo & J. Ly. 2013. Harina de forraje de moringa (*Moringa oleifera*) como ingrediente en dietas para conejos de engorde. Revista Computadorizada de Producción Porcina 20(4): 218-222.
- Carvajal, J.P. 2014. Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el Municipio de Puerto Triunfo. Tesis. Licenciatura. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias Zootecnia, Colombia.
- Castillo-Campo, L. F. 2006. Tilapia Roja, Una evolución de 25 años de la incertidumbre al éxito. Consultado el 20 de enero de 2018: [http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA\\_ROJA\\_2006.pdf](http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA_2006.pdf).

- Castro, P.L., M.L. Lewandowski, M.L. Rodríguez de Souza, M.F. Corandini, A. A. Alexandre, C. Sary & R.P. Ribeiro. 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.
- Cavieres-Barraza, C. L. 2010. Determinación de la pérdida de calidad funcional, química, sensorial y microbiológica del belly de trucha arcoiris (*oncorhynchus mykiss*) durante su conservación en refrigeración, Tesis Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD). 2010. Tilapia 2020: Prospectivo del Sistema Producto Nacional de Tilapia en México, Laboratorio de Economía Acuícola Prospectiva, Mazatlán, Sinaloa, 269 pp.
- Centro Tecnológico de la Acuicultura (Ctaqua). 2003. Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal : 1–48.
- Cerdenares-Ladrón, de Guevara G., E. Ramírez-Antonio, S. Ramos-Carrillo, G. Gonzales-Medina, V. Anislado-Tolentino, D. López-Herrera & S. Karam-Martínez. 2014. Impacto de la actividad pesquera sobre la diversidad biológica, Revisión para el Pacífico Sur Universidad del Mar, San Pedro Pochutla Oaxaca, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(1) : 95-114.
- Chaijan, M. 2011. Physicochemical changes of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle during salting. *Food Chemistry* 129(3) : 1201-1210.
- Chavacán, M.L. & Castro L.A. 2013. Manual de la asignatura práctica de medicina y zootecnia acuícola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México, 67 pp.
- Codex Alimentarius. 1999. Directrices para la evaluación sensorial del pescado y los mariscos en laboratorio CAC/GL 1 : 25 pp.
- Cohen-Zinder, M., A. Orlov, O. Trofimyuk, R., Agmon, R. Kabiya, E. Shor-Shimoni, E. K. Wagner, K. Hussey, H. Leibovich, J. Miron & A. Shabtay. 2017. Dietary

supplementation of *Moringa oleífera* silage increases meat tenderness of Assaf lambs. *Small Ruminant Research* 151 : 110-116.

Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Yucatán A. C. (CESAY A. C.). 2018. Esquema de alimentación en tilapia. Consultado el 18 de abril del 2018 : <http://cesay.org.mx/download/material-consulta/Alimentaci%C3%B3n%20tilapia.pdf>

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). 2014. Comercio exterior Acuicultura y Pesca, México, 21 pp.

Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). 2016. Consumo per cápita anual de pescado y mariscos., Consultado el 10 de diciembre de 2017: <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/consumo-per-capita-anual-de-pescados-y-mariscos-llega-a-12-kg-conapesca>.

Consejo Empresarial de Tilapia Mexicana A.C. (CETMEX). 2018. Boletín. Consultado el 11 de junio de 2018: <https://www.cetmx.org/>

Consigli R. 2001. ¿Qué es la calidad de la carne? In: 6ª Jornada El Negocio de la Carne. Universidad Católica de Córdoba.1-5 pp.

Díaz-Villanueva, J. & H. Robotham. 2015. Comparación de dos métodos de sacrificio en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Latin American Journal of Aquatic Research*: Volume 43, Issue 2: pp. 287-294. DOI: 10.3856/vol43-issue2-fulltext-3.

Delgado, F.K., E.J. Ramírez, J. Rodríguez & R. E. Martínez. 2013. Elaboración de galletas enriquecidas con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*): caracterización química, instrumental y sensorial. *Universidad y ciencia, Trópico Húmedo* 29(3) : 287-300.

Dongmeza, E., P. Siddhuraju, Francis G. & K. Becker. 2006. Effects of dehydrated methanol extracts of *Moringa oleífera Lam.* leaves and three of its fractions on growth performance and feed nutrient assimilation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* (L.)). *Aquaculture* 261 (1) : 407-422.

- Dufflocq, J., P. Lhorente, R. Banger, R. Neira, S. Newmand & J.MYáñez. 2017. Correlated response of flesh color to selection for harvest weight in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 472 38–43.
- Duque-Salazar, D., J.P. Holguín, I. Estrella & G. Lomas-Martínez. 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, E. P. 2009. Estimación de rendimiento y valor nutricional del besote (*Joturus pichardi poey*, 1860 (*Pisces: Mugilidae*)) *Revista MVZ Córdoba* .14(1) : 1576-1586.
- Falowo, A.B., V. Muchenje, C. J. Hugo & G. Charimba. 2016. In vitro antimicrobial activities of *Bidens pilosa* and *Moringa oleifera* leaf extracts and their effects on ground beef quality during cold storage, *CyTA - Journal of Food: Volume 14, Issue 4* : pp. 541-546. DOI: 10.1080/19476337.2016.1162847.
- Falowo, A.B., Makumbo F., E., Idamokoro E., Lorenzo J.M., 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.
- Fideicomisos Instituidos en relación de la agricultura (FIRA) 2017. Financiamiento a la Acuicultura en México. FIRA en el financiamiento a la pesca y acuicultura sustentable, México, 31 pp.
- Fimbres-Acedo, Y. E. 2015. Caracterización de los nutrientes de interés hidropónico contenidos en la fracción particulada residual de cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*), Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C., La paz Baja California Sur, México.
- Folkard, G. & Sutherland J. 1996. *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades, *Ingeniería Ambiental del Departamento de Ingeniería de la Universidad de Leicester. University Road 8 (3)* : 5-8.
- Fonseca, G.G., A. D. Cavenaghi-Altemio, M.F. Silva, V. Arcanjo & E.J. Sanjinez-Arangoña. 2013. Influence of treatments in the quality of Nile tilapia

(*Oreochromis niloticus*) filets. Food Sci Nutr Research: Volume 1 Issue 3 : pp 246-253. DO: 10.1002/fsn3.33.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2015. Composición de la carne, Producción y Sanidad Animal. Consultado el 20 de diciembre del 2017: [http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr\\_composition.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html)

Food and Agriculture Organization (FAO). 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2017. Sistema de información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura. Citado el 15 de enero del 2018: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/niletilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>

Food and Agriculture Organization (FAO). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura, Roma, 233 pp.

Fuentes, A., E. García & I Fernández. 2013. Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA), Método de prensado, Universidad Politécnica de Valencia, España, 6 pp.

Ganzon, E.S. 2014. Utilization of Moringa oleifera leaf meals as plant protein sources at different inclusion levels in fish meal-based diets fed to *Lates calcarifer*. ABAH Bioflux 6 (2) : 158-167.

García, J.A., F.A. Núñez, O. Chacón, R.H. Alfaro & M.R. Espinoza. 2004. Calidad de canal y carne de trucha arcoíris. *Oncorhynchus mykiss* Rachardson, producida en el noroeste del Estado de chihuahua. Hidrobiológica 14(1) :19-26.

García, J.A., F.A. Núñez, L. Rentería, J.A. Jiménez & M.R. Espinosa. 2006. Calidad de canal y carne de tres variedades de trucha arcoíris *Onchorynchus mykiss* (walbaum), Hidrobiológica México 16 (1) : 11-22.

- Garduño, L. M. & N. M. Olvera. 2008. Potential of the use of peanut (*Arachis hypogaea*) leaf meal as a partial replacement for fish meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research* 39 (1) : 1299-1306.
- Goes-Reis, E.S., J. A. Ferreira de Lara, E. Gasparino, M. Douglas-Goes, J. S. Garbelini-Zuanazzi, N. M. Lopera-Barrero, M.P. Rodríguez-Rodríguez, P. Luiz de Castro, R. Pereira Ribeiro. 2018. Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. *Scientia Agricola* 7 : 321-328.
- Goes Reis, E.S., M. Douglas -Goes, P. Luiz de Castro, J.A. Ferreira de Lara, A.C. Pellaes Vital, R. Pereira Ribeiro. 2019. Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. 14 : 1-15.
- González, R., O. Romeo, M. Valdivié & J. Ponce 2013. Lenteja de agua, una opción en dietas para tilapia roja. *Revista Aqua TIC* (38) : 85-93.
- Guerra, D., J. Valdez, F. Villatoro, M. Rodenas, H. Fuentes, M. Díaz & L. Ríos. 2016. Crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado REDVET 17(10) : 1-12.
- Guerrero, J. 2014. La nutrición y la alimentación eficiente de los peces, Producto Acuicultura, Agrinal Colombia S.A., 12 pp.
- Guzmán, S.H., A. Zamarripa & G. Hernández. 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., J. L. Aquino & F. G. Ríos. 2013. Efecto del manejo *pre-mortem* en la calidad de la carne. *NACAME* 7 (2) : 41-64.
- Hernández, J., G.M. Jiménez, Z. G. Montejó & C.L. Carillo. 2014. Manual alimento alternativo para la producción de Tilapia. Instituto tecnológico de Salina Cruz. Departamento de Acuicultura. 1-18 pp.
- Hernández, C, M.A. Olvera-Novoa, D. Voltolina, R.W. Hardy, B. González-Rodríguez, P. Dominguez-Jimenez, M. Valverde-Romero & S. Agramon-

- Romero. 2013. Use of tuna industry waste in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. Lat. Am. J. Aquat. Res. 41(3) : 468-478.
- Hleap-Zapata, J.I., J.M. González-Ochoa & M. F. Mora-Bonilla. 2017. Análisis sensorial de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición de harina de lombriz (*Eisenia foetida*). ORINOQUIA 21(1) : 15-25.
- Huss, H.H.1988. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. FAO. Universidad Técnica, Copenhague, Dinamarca,132 pp.
- Hussein, E. 2016. Efecto de la harina de hojas de moringa como aditivo alimentario en el rendimiento de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, International Journal of Aquaculture 7 (1) : 1-8.
- Ibrahim, R.E., W.A. El-Houseiny, M.F. Behairy, Y.M Mansour & 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.
- Iregui, C., E. Hernández, A. Jiménez, A. Pulido Rey, J. Comas, L. Peña & M. Rodríguez. 2000. Manual de Sanidad Piscícola, Universidad Nacional de Colombia, 64 pp.
- Joo, S.T., G. D. Kim, Y.H. Hwang & Y.C. Ryu. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. Meat Science 95(4) : 828-836.
- Kamalam, B. S., F. Medale, S. Panserat. 2017. Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. Aquaculture 467 : 3-27.
- Kasiga, T., R. Chen, T. Sink & R. Lochmann. 2014. Effects of Reduced Soybean-Meal Diets Containing *Moringa oleifera* or *Leucaena leucocephala* Leaf Meals on Growth Performance, Plasma Lysozyme, and Total Intestinal Proteolytic

- Enzyme Activity of Juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Outdoor Tanks, *World Aquaculture Society* 45(5) : 508-522.
- Kayan ,A., I. Bootan, S. Jaturssitha, M. Wicke & M. Kreuzer. 2015. Effect of Slaughter Weight on Meat Quality of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 5 : 159-163.
- Kono, S, M. Kon, T. Araki & Y. Sagara. 2017. Effects of relationships among freezing rate, ice crystal size and color on surface color of frozen salmon fillet. *Journal of Food Engineering* 214 : 158-165.
- Kubitza, F.1999. Calidad de pescado. *Panorama da Aqüicultura, Brasil*. Consultado el 15 de marzo de 2018: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- Lacerda, C., F. Sado, S. Ferreira & M. Ferreira. 2015. Nutrition and feeding nile tilapia. *Nutri Time* 12 (6) : 4464-4469.
- Li, L., S. Hao, S Diao, J. Cen, H. Shi & S. Chen. 2008. Proposed new color retention method for tilapia fillets (*O. niloticus* x *O. aureus*) by euthanatizing with reduced carbon monoxide, *Journal of Food Processing and Preservation* 32(5) : 729-739.
- Lim, C., M. Yildirim, P. Klesius. 2011. Lipid and Fatty Acid Requirements of Tilapias, *North American Journal of Aquaculture* Volume 73, Issue 2 : 188-193: DOI:10.1080/15222055.2011.579032.
- Llanes, J. E., J. Toledo & L. Sarduy. 2016. Evaluación de la harina de moringa (*Moringa oleífera* Lam) en *Clarias gariepinus*. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 33 (1) : 53-58.
- Madalla, N., W. Agbo & K Jaunce. 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, F. I.; N. M. Eweedah; M. M. Khalafalla & A. S. Abouzeid. 2016. Nutritional evaluation of *Moringa oleífera* leaves as-unconventional feed stuff in the diets

- of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. J. Agric. Res. Kafr El-Sheikh Univ. 42(4) : 144 -155.
- Marón-Fuenmayor, O. E. & L. Zamorano-García. 2004. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. Revista Científica 14(1) : 1-6.
- Mazorra-Manzano, M.A., R. Pacheco-Aguilar, E.I. Díaz-Rojas & M. E. Lugo Sánchez. 1998. Comportamiento Post captura de músculo de Barrilete Negro (*Euthynnus linneatus*) bajo condiciones óptimas de conservación. Ciencia y Mar 2 (4) : 39-pp.
- Mehdi, H., N. Khan, K.J. Iqbal, F. Rasool, M. S. Chaudhry & K.J Khan. 2016. Effect of *Moringa oleifera* meal on the growth, body composition and nutrient digestibility of *Labeo rohita*. International Journal of Biosciences 8 (4) : 11-17.
- Mendez, Y., Y. Pérez, Y. Torres & J. Reyes. 2018. Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. Biotecnia 20(2) : 15-24.
- Merenco, J.L. & S. Cárdena. 2012. Análisis sensorial de corvina *Argyrosomus regius* (Asso 1801) de crianza. IFAPA. Centro El toruño, Consejería de Agricultura y pesca In: VI Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico, Cartaya España.
- Meza, Z., E. Olivares, E. Gutiérrez, H. Bernal, J. Aranda, R. Vázquez & R. Carranza. 2016. Crecimiento y producción de biomasa de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) bajo las condiciones climáticas del Noreste de México. Medio Ambiente y desarrollo sustentable. 10(3) : 143-153.
- Miranda, R. & C. Guerrero. 2015. Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Respuestas 20 (2) : 82-92.
- Montgomery, D.C. 2004. Diseño y análisis de experimentos, Lymusa Wiley, 2ª ed., Universidad Estatal de Arizona, 686 pp.
- Montoya, N., J. Hernández, E. Márquez, F. Rodríguez, W. Torres, F. Castillo, D. Canizales & V. Ocaña. 2018. Efecto de la sustitución de proteína animal por

- vegetal en el alimento sobre la fisiología de la tilapia del Nilo, Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora 20 (2) : 37-42.
- Mora, J.A. 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.
- Morales, A. 1974. El cultivo de la tilapia en México. Datos Biológicos. Instituto Nacional de Pesca, México, 25 pp.
- Moyo, B., S. Oyedemi, P.J. Masika & V. Muchenje. 2012. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. Meat Science 91(4) : 441-447.
- Mukumbo, F.E., V. Maphosa, A. Hugo, T.T. Nkukwana, T.P. Mabusela & V. Muchenje. 2014. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal on finisher pig growth performance, meat quality, shelf life and fatty acid composition of pork. South African Journal of Animal Science 44(14) : 388-400.
- Muriel, E., T. Antequera & J. Ruíz. 2001. Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo Ibérico. CYTA Journal of Food Research: Volume 3, Issue 4: pp. 241-247: DOI: 10.1080/11358120209487735
- Nicovita. 2003. Nitrito en estanques de cultivo intensivo de camarón. Boletín 8(1) : 1-4.
- Nkukwana, T.T., V. Monchenje, E. Pieterse, P.J. Masika, T.P. Mabusela, L.C. Hoffma & K. Dzama. 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.

- Noel-Guevara, 2003. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú, 55 pp.
- Ocampo-Ibañez, I. D., F.M. Bermúdez & H. Díaz. 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, M.E. & Alvarado C. 2016. ¿Dónde cultivar el árbol milagro, ¿Moringa oleífera, en México? Un análisis de su distribución potencial. UNAM. Ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82 : 1089-1102
- Olson, M.E. & Fahey J.W. 2011. Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. UNAM. Ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82 : 1071-1082.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (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. 1-4.
- Pablo-Hernández, D. A. 2017. Evaluación nutritiva proteínica energética de tres cepas de hoja de moringa (*Moringa oleífera*) con potencial uso alimenticio que se cultiva en el país. Tesis Licenciatura, UNAM.
- Padilla-Santamaría F. & Cruz-Balderrabano J. 2016. Extractos de hojas de Moringa oleífera en la prevención y tratamiento de la diabetes mellitus. *Rev Cubana de Medicina Natural y Tradicional*, 1 (2). Consultado el 20 de agosto de 2019: <http://www.revmnt.sld.cu/index.php/rmnt/article/view/39/44>.
- Paucar, M., R. Salvador, S. Guillén, A. Mori. 2016. Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuaria* 7(2) : 121-132.

- Pérez, M.L. & Ponce Alquicira E. 2013. Manual de Prácticas de laboratorio, Tecnología de carnes, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Primera impresión, Ciudad de México.
- Pérez A., T. Sánchez, N. Armengol, F. Reyes. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes 33(4) : 1-1.
- Perdomo, C., K. Castellanos, M. Maffei, R. Gechele, Z. Corredor, J. Piña, M. Martínez & A. Naranjo. 2017. Comparación morfométrica y de los rendimientos cárnicos de dos especies piscícolas continentales criadas en el estado Trujillo, Venezuela. Revista Academia 16(37) : 83-95.
- Pineda, R. 1999. Elaboración y evaluación de dietas a partir de harinas de barrilete (*Euthynnus linneatus*) y rasposa (*haemulon maculiconda*) como alimento de bagre (*Icalurus punctatus*) en condiciones de laboratorio. Tesis Maestría, Universidad de Colima.
- Pineda, S. H., L. Restrepo, L. F., M. A. Olivera. 2004. Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanque. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 17 (4): 24-29.
- Platas, D.E., J.C. Hernández, R.L. Gonzáles. 2017. Importancia económica y social del sector acuícola en México, Xalapa-Veracruz. Agroproductividad (10) : 19-24.
- Poot, G.R., E. Gasca & M.A. Olvera. 2012. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado, Lat. Am. J. Aquat. Res., Research: Volume 40, Issue 4 : 835-846. DOI: 10.3856/vol40-issue4-fulltext-2.
- Puycha, K., B. Yuangsoi, S. Charoenwattanasak, S. Wongmaneeprateep, N. Niamphithak, P. Wiriapattanasub. 2017. Effect of moringa (*Moringa oleifera*)

- leaf supplementation on growth performance and feed utilization of Bocourti's catfish (*Pangasius bocourti*). Agriculture and Natural Resources 30 : 1-6.
- Qwele, K., A. Hugo, S. O. Oyedemi, P.J. Moyo, V. Muchenje. 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.
- Ramírez, J.S. 2012. Análisis sensorial: Pruebas Orientadas al consumidor, Universidad del valle Cáliz, Colombia. 82-102 pp.
- Ramírez, J.S., C.L Murcia. & V. Castro. 2014. Análisis de aceptación y preferencia del Manjar Blanco del Valle. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial 12 (1) : 20-27.
- Restrepo, D. A., C.M. Arango-Mejía., A. Amézquita-Campuzano, A. A. Restrepo - - Digiammarco. 2001. Industria de la carne, Universidad Nacional de Colombia. Medellín Colombia. 275 pp.
- Richter, N.; S. Perumal; K. Becker. 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.
- Rivas-Vega, M. E., J.L. López-Pereira, A. Miranda-Baeza, M.I. Sandoval-Muy. 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. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 14 (2) : 3-10.
- Rodríguez del Ángel, J.M. 2016. Métodos de investigación, Trillas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 208 pp.
- Rojas-Runjaic, B., D. Antonio - Perdomo, D. E. García, M. Gonzalez- Estopiñán, Z. Corredor, P. Mortinos, O. Santos. 2011. Rendimiento en canal y fileteado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) variedad Chitralada producida en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia 29(1) : 113-126.

Saavedra, M. 2006. Manejo de cultivo de tilapia, CIDEA 24 pp. Consultado el 3 de mayo de 2018: [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf).

Santaella, M., C. Martínez, M.J. Periago, J. Santaella. 2012. Evaluación sensorial de diferentes presentaciones comerciales de Dorada (*Sparus aurata L.*) de acuicultura, An. Vet. Murcia 28 : 85-96.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2014. Calidad de agua en la acuicultura. Secretaría de administración del gobierno de jalisco. Consultado el 21 de marzo del 2019: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>.

Secretaría de Desarrollo Agropecuario Pesca y Acuicultura (SEDAPA). 2016. Líneas de acción del diagnóstico y plan rector para el clúster acuícola del sistema Producto Tilapia en el estado de Oaxaca. Consultado el 15 de diciembre de 2017: <https://slideplayer.es/slide/11955772/>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. Fundación Produce Veracruz. Consultado el 28 de diciembre de 2017: [www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf](http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Comunicado, Oaxaca con potencial en la producción de tilapia. Delegación Estatal en Oaxaca. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado el 13 de diciembre del 2017. <https://www.inforural.com.mx/tag/tilapia/page/6/>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Comunicado de prensa. Consultado el 13 de diciembre del 2017.

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2017/abril/Documents/2017BS135.PDF>.

Sedano, F., V. Anguís. 2016. Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina, El puerto de Santa María, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera,1-17p.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2008. Manual de buenas prácticas de producción Acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Mazatlán, México,158 pp.

Shah, M.A., S. J. Don Bosco & S.A. Mir. 2015. Effect of *Moringa oleifera* leaf extract on the physicochemical properties of modified atmosphere packaged raw beef, Science Direct:31-38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.10.001>.

Simões, M, Ribeiro C, Ribeiro S, Park K & F. Murr. 2007. Physicochemical and microbiological composition and yield of thai-style tilapia fillets (*Oreochromis niloticus*). Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas 27(3) : 608-613.

Suárez, H., A. De Francisco, L. Beirão, S. Pardo & M. Cortés. 2007. *Post-mortem* lost of texture of fish meat during cold storage. Acta biol. Colomb. 12(1) : 3 – 18.

Suarez, H., S. Pardo & M. Cortez. 2008. Physical-chemical quality and sensory attributes of cut bio-preserved cachama fillets vacuum packaging under refrigeration. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 21 : 330-339.

Tacon- Albert, G.J. 1989 Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. FAO, Proyecto Aquila II. Documento de Campo no.4, Brasil,1-572.

Tagwireyi, T, J.F. Mupangwa, J. Jepsen & P. Mwera. 2014. The effect of feeding heat treated *Moringa oleifera* (lam) leaf meal on the growth performance of *oreochromis niloticus* fry. UNISWA J. of Agric 17 : 14-20.

- Tiamiyu, L.O, V.T. Okomoda & A. Aen. 2013. Growth performance of *Oreochromis niloticus* fingerlings fed *Moringa oleifera* leaf as replacement for soybean mea, Tanzania Journal of Agricultural Sciences 12 (1) : 53-64.
- Toledo-Pérez, S.J. & M.C. García-Capote. 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. 83-137pp. *In*: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Torres-Córdova, Z. 2012. Efecto de cuatro raciones alimentarias sobre el crecimiento y contenido nutrimental de peces tilapia (*Oreochromis mossambicus*) durante la etapa de engorda. Nutrición y Ciencia de los Alimentos, Universidad Americana Puebla, Consultado el 3 de junio de 2018: <http://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/192/TORRES.pdf?sequence=1>.
- Torres, D. M. & Hurtado V. L. 2012. Requerimientos Nutricionales de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia, Universidad de los Llanos, Escuelas 16 (1). pp. 63-68.
- Ulloa, J.T., H.J. Belmont, V.A. Benítez, CG Rodríguez. 2009. Relaciones talla- peso en la mojarra *Oreochromis aureus*. Acta Pesquera 2 (II): 41-53.
- Valls, J., A. Paredes, D. González & A. González. 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.
- Valdés, O. A., O. M. Palacios, R.P. Ruíz, A. Vásquez. 2014. Potencial de la asociación *Moringa* y *Ricinus* en el subtrópico veracruzano. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 9 : 1673-1686.
- Vega-Villasante, F.F., M.C. Cortés-Lara, L. M. Zúñiga-Medina, B. Jaime-Ceballos, J. Galindo-López, M. E. R. Basto-Rosales, H. Nolasco-Soria. 2010. Cultivo

- de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? REDVET11(3) : 1695-7504.
- Villafañe, Cruz M. P.2010.Sustitución de alimento comercial por forraje verde hidropónico en dietas para conejos de engorda en trópico y calidad de carne. Tesis Licenciatura. Universidad del Mar, Oaxaca, México.
- Wang, A.C., Y. Yan, P. Su, M. M. Zhao., N Xi., D.W. Chen. 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.
- Wing, K. &N. Romano. 2014. Revisión sobre la nutrición de la tilapia. Manejo de la alimentación y nutrición durante el cultivo, In: Aquaculture edición 105, Cámara Nacional de Acuicultura, México.
- Wittig, de Penna E. 2001. Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos, Santiago de Chile, Consultado el 10 de julio de 2018: [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/wittinge01](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01).
- Xiong, Y., J. Huang, X. Li, L. Zhou, F. Dong, H. Ye, L. Gan. 2014, Deep sequencing of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) liver transcriptome response to dietary protein to starch ratio, Aquaculture 433 : 299-306.