

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



**EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES NO
TRADICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA
NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) SOBRE PARÁMETROS
HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA**

ESTEBAN MARROQUÍN ARROYAVE

Médico Veterinario

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

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



**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES NO
TRADICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA
NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) SOBRE PARÁMETROS
HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

ESTEBAN MARROQUÍN ARROYAVE

Al conferírsele el título profesional de

Médico Veterinario

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

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

DECANO:	M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO:	Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I:	M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoo. Edgar Amílcar García Pimentel
VOCAL III:	Lic. Zoo. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV:	Br. Jazmín Adalí Sian Gamboa
VOCAL V:	Br. María Fernanda Amézquita Estévez

ASESORES

Dr. HUGO RENÉ PÉREZ NORIEGA

M.Sc. JOSUÉ RODOLFO GARCÍA PÉREZ

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES NO TRADICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) SOBRE PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

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

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICO VETERINARIO

ACTO QUE DEDICO A:

A DIOS

A GUATEMALA

A MIS PADRES Y HERMANO

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

- A LA USAC:** Por todos los momentos vividos en sus pasillos, aulas y corredores.
- A MIS PADRES Y HERMANO:** Por su apoyo incansable e incondicional, en todos los ámbitos y etapas de la vida.
- A LA FMVZ:** Por la preparación académica recibida; por albergar a tantas personas excelentes que he conocido.
- A MI FAMILIA:** A mi abuelito y a mis abuelitas. A mis tías y tíos, primas y primos de las familias Marroquín y Arroyave. Gracias por ser una parte importante de mi vida.
- AI LICEO JAVIER:** Por 13 años de formación académica y humana. Por permitirme formar parte de la Promo 50.
- A MIS AMIGOS:** Del colegio y de la universidad. Por su amistad entrañable, incomparable e inolvidable.
- A MI NOVIA:** Por su apoyo y cariño.
- AL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MORFOLÓGICAS:** Por la oportunidad de compartir y conocer a cada uno de ustedes.
- A MIS CATEDRÁTICOS:** Por compartir su conocimiento y sus consejos.
- A MIS ASESORES:** Por su apoyo, paciencia y exigencia.
- AL CEMA:** Por haberme acogido durante la realización de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS	3
III. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Tilapia	5
4.1.1 Generalidades	5
4.1.2 Alimentación y nutrición	5
4.1.3. Requerimientos nutricionales.....	6
4.1.3.1. Proteína.....	6
4.1.3.2. Energía	6
4.1.3.3. Carbohidratos	6
4.1.3.4. Vitaminas y minerales	7
4.1.4. Formulación de alimentos.....	7
4.2. Moringa.....	8
4.2.1. Generalidades	8
4.2.2. Propiedades nutricionales.....	8
4.2.3. Utilización de la Moringa en alimentación de animales	9
4.3. Macadamia	10
4.3.1. Generalidades	10
4.3.2. Propiedades nutricionales.....	11
4.3.3. Macadamia como alimento animal	11
4.4. Mosca del Mediterráneo.....	12
4.4.1. Generalidades	12
4.4.2. Programa MOSCAMED en Guatemala	13
4.4.3. Insectos del orden Dipterae y sus propiedades nutricionales	13
4.4.4. Insectos del orden Dipterae como alimento animal	14
4.5. Hematología y bioquímica sanguínea en peces	15

4.5.1. Leucocitos.....	16
4.5.2. Granulocitos.....	16
4.5.3. Neutrófilos.....	16
4.5.4. Eosinófilos	17
4.5.5. Basófilos	17
4.5.6. Linfocitos.....	17
4.5.7. Monocitos-macrófagos	17
4.5.8. Trombocitos	18
4.5.9. Bioquímica sanguínea	18
4.5.10. Proteína plasmática	18
4.5.11. Glucosa.....	19
4.5.12. Valores de referencia.....	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5.1. Materiales	20
5.1.1. Recursos humanos.....	20
5.1.2. Recursos de laboratorio.....	20
5.1.3 Recursos de campo.....	21
5.1.4. Recursos biológicos.....	21
5.2. Métodos	21
5.2.1. Área de trabajo	21
5.2.2. Aclimatación y acondicionamiento de organismos	22
5.2.3. Preparación de las dietas experimentales	22
5.2.4. Diseño experimental	25
5.2.5. Fase experimental	25
5.2.6. Hematología y bioquímica sanguínea.....	26
5.2.6.1. Toma de muestra sanguínea.....	26
5.2.6.2. Hematocrito	27
5.2.6.3. Frotis periférico.....	27
5.2.6.4. Leucograma.....	27
5.2.6.5. Glucosa sérica.....	28
5.2.6.6. Proteínas totales.....	28

5.2.7. Análisis estadístico	28
VI. DISCUSIÓN Y RESULTADOS	30
6.1. Línea Base.....	30
6.2. Hematocrito.....	31
6.3. Glucosa.....	33
6.4. Proteínas totales	35
6.5. Leucograma	37
6.6. Tratamientos	41
6.7. Parámetros productivos	42
VII. CONCLUSIONES	43
VIII. RECOMENDACIONES.....	44
IX. RESUMEN.....	45
SUMMARY.....	46
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
XI. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de referencia de hematología y bioquímica sanguínea de tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>)	19
Cuadro 2. Análisis bromatológico de los ingredientes utilizados	23
Cuadro 3. Formulación de dietas experimentales.....	24
Cuadro 4. Balanceo de dietas experimentales.....	25
Cuadro 5. Parámetros hematológicos y bioquímicos en tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) correspondientes a la línea base.....	30
Cuadro 6. Parámetros de hematocrito obtenidos en tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	32
Cuadro 7. Parámetros de glucosa obtenidos en tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	34
Cuadro 8. Parámetros de proteínas totales obtenidos en tilapia nilótica (<i>Oreochromis niloticus</i>) en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentajes de granulocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	37
Figura no. 2 Porcentajes de monocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	38
Figura No. 3 Porcentajes de linfocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	39
Figura No. 4 Porcentajes de trombocitos obtenidos en los muestreo a los 30 días y 45 días.....	39
Figura No. 5 Comparación de porcentajes obtenidos del leucograma en los muestreos a los 30 días y 45 días.....	40

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una fuente importante de alimentación, nutrición y trabajo para millones de personas en todo el mundo. Anualmente, la acuicultura produce más de 74 millones de toneladas, generando millones de empleos y ayuda a satisfacer las necesidades alimenticias de la población (FAO, 2016a). Dentro del campo de la acuicultura, la producción de tilapia es una de las más importantes produciéndose anualmente más de 4.9 millones de toneladas a nivel mundial (Fitzimmons, 2015). En de la industria acuícola global, la tilapia es considerada como una de las especies de producción con más relevancia.

A nivel nacional, la producción de tilapia representa una de las actividades pecuarias de mayor importancia. En Guatemala se produce anualmente más de 13,500 toneladas métricas (FAO Fisheries and Aquaculture, 2017). En los últimos años su producción ha contribuido de manera significativa a la economía nacional y al cumplimiento de la seguridad alimentaria del país (FAO, 2016b).

Uno de los aspectos más importantes en la producción de tilapia es la alimentación, ya que a través de ella se puede garantizar una nutrición adecuada. Para lograr esto se utilizan ingredientes tradicionales como la harina de pescado, con el fin de producir alimentos balanceados para tilapia de alto valor nutricional. Sin embargo, el costo de estos ingredientes es alto, llegando a representar más del 50% de los costos de producción (Castro et al., 2003; Contreras, 2012). Debido a ello, cada vez se utilizan más dietas con ingredientes alternativos incluidos en su formulación. A raíz de esto, ha surgido la necesidad de generar conocimiento sobre la utilización de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica.

En los últimos años se han realizado numerosos estudios para determinar los efectos producidos por los ingredientes no tradicionales sobre los parámetros productivos. Dentro de los insumos estudiados se encuentran insectos en su fase larvaria, pupa o adulta (Sánchez, Barroso & Manzano, 2014), plantas, subproductos de procesos agrícolas, semillas, nueces y aceites (Musita et al., 2015) entre otros.

Para el presente estudio se implementaron dietas balanceadas isoprotéicas en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando ingredientes no tradicionales. Los insumos seleccionados para este trabajo fueron moringa (*Moringa oleífera*), macadamia (*Macadamia integrifolia*) y mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*), tanto en su fase adulta como en su fase larvaria. Estos insumos reúnen las características nutricionales adecuadas para ser utilizados en la alimentación de tilapia. Además, representan un costo menor, comprados con ingredientes tradicionales. En el presente estudio se determinaron los efectos que produce la inclusión de estos ingredientes no tradicionales sobre los parámetros hematológicos y bioquímicos de la tilapia.

II. HIPÓTESIS

Ho: No existe diferencia significativa en los valores de hematocrito, glucosa, proteínas totales y leucograma entre los tratamientos experimentales.

Ha: Existe diferencia significativa en los valores de hematocrito, glucosa, proteínas totales y leucograma, entre los tratamientos experimentales.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Generar información del uso de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los valores de hematocrito, glucosa, proteínas totales y leucograma producidas por las dietas implementadas.
- Comparar los valores de hematocrito, glucosa, proteínas totales y leucograma obtenidos de las dietas implementadas.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

4.1.1 Generalidades

Forman parte de un grupo de peces del orden Perciformes, familia *Cichlidae*, originario de las aguas de África intertropical. Son peces robustos con pocas exigencias respiratorias, fáciles de transportar y con alta capacidad de reproducción, lo cual explica el gran éxito de su gran dispersión a nivel mundial. (Huet, 1998). De acuerdo a Begum (2013), el cultivo de tilapia requiere de agua de buena calidad, ya que es esencial para asegurar la sobrevivencia y el crecimiento adecuado de los organismos. El autor señala que la temperatura óptima para el cultivo de tilapia está entre 25 a 31.5°C, pudiendo llegar hasta 34.5°C. Otros factores a considerar son la concentración de oxígeno disuelto, la cual debe de estar por arriba de 3.5 mg/l; y el pH, el cual debe de estar entre 7 y 9.

4.1.2 Alimentación y nutrición

La tilapia obtiene cantidades suficientes de nutrientes esenciales a través de los alimentos, los cuales garantizan un metabolismo normal, crecimiento adecuado, salud y reproducción óptima (Llanes et al., 2006). La mayoría de las especies de tilapia aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente, lo que las hace ideales para la producción (Poot, Novelo & Hernández, 2009). También, es una especie acuática considerada omnívora ya que su asimilación de nutrientes de origen animal y vegetal es alta (Rodríguez, Daza & Carrillo, 2001). Debido a estas características se considera que la tilapia puede ser alimentada con dietas elaboradas a base de materias primas de origen animal y/o vegetal que contengan diversos valores proteico, lipídico y de carbohidratos (Hernández et al., 2013).

4.1.3. Requerimientos nutricionales

4.1.3.1. Proteína

La proteína es el componente más caro en los alimentos para peces y juega un papel importante en el crecimiento del animal. Los requerimientos de proteína de la tilapia dependen del tamaño, la edad y de la etapa de producción del organismo (El-Sayed, 2004; Li et al., 2012). Estudios importantes han señalado que el requerimiento de proteína máximo para el rendimiento de tilapia durante la fase larvaria es relativamente alto, decreciendo a medida que el pez aumenta de tamaño. Para tilapia juvenil, el requerimiento oscila entre 30-40%, para adulto es entre 20-30% y los reproductores entre 35-45% (El-Sayed, 2004).

4.1.3.2. Energía

Los lípidos para la tilapia nilótica son una fuente de alta de energía a bajo costo, mejorando la conversión alimenticia de los animales al mismo tiempo que estimula el consumo de alimento y mejora la digestibilidad de alimentos vegetales presentes en la dieta. Se recomienda incluir entre 8 a 12% de lípidos en la dieta de tilapias menores a 25 g de peso, y 6 a 8% en tilapias mayores a 25 g (Torres-Novoa & Hurtado-Nery, 2012).

4.1.3.3. Carbohidratos

Los carbohidratos en la dieta de las tilapias proveen una fuente relativamente barata de energía, y su inclusión puede mejorar la calidad de los concentrados. La tilapia puede utilizar de manera efectiva porcentajes hasta de 30 a 40% de carbohidratos en la dieta, siendo mayor que en la mayoría de otras especies de peces de producción (Mjoun et al., 2010).

4.1.3.4. Vitaminas y minerales

Son esenciales para el metabolismo normal de los peces. Las vitaminas son necesarias para el crecimiento y la salud de la tilapia. Los minerales son utilizados en los procesos vitales de las tilapias, como la formación de estructuras del esqueleto, la regulación de equilibrio ácido-base y la osmoregulación, y formación de hormonas y enzimas (Mjoun et al., 2010; Torres-Novoa & Hurtado-Nery, 2012; FAO, 2016c).

4.1.4. Formulación de alimentos

La dieta y el estado nutricional son factores fundamentales en una producción de tilapia. Una adecuada nutrición es importante para mantener el estado fisiológico y la salud de los animales. La nutrición puede influir indirectamente sobre la resistencia al estrés del organismo, e incluso puede afectar el sistema inmunológico de los peces (Wedemeyer, 1996; Barandica & Tort, 2008; Penagos, Barato & Iregui, 2009). Por ello, es importante que la formulación de alimentos sea la adecuada. Esta se basa en una mezcla de ingredientes de diferentes calidades nutricionales, capaz de ser procesada adecuadamente y que suministre todos los nutrientes exigidos para el crecimiento, reproducción y salud de los peces de una forma equilibrada.

Los ingredientes para la formulación del alimento son seleccionados por su disponibilidad, costo y valor nutricional. Por lo general, los ingredientes que proveen la mayor cantidad de proteína en el alimento son los más caros (Lucas & Southgate, 2012). Entre los ingredientes utilizados se encuentran las carnes y sus despojos como la harina de pescado, sangre y restos de pescado; harinas vegetales; levadura, minerales, vitaminas y a veces medicamentos (Huet, 1998).

4.2. Moringa (*Moringa oleifera*)

4.2.1. Generalidades

Es un árbol originario del sur del Himalaya, Nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. En América Central fue introducido en la década de 1920 como planta ornamental y para cercas vivas. Es un árbol tolerante a la sequía y crece en altitudes menores a 600 msnm, en un rango de temperaturas entre 25 a 35°C (Foidl, Mayorga & Vásquez, 1999; Price, 2007).

En Guatemala a la Moringa se le conoce por varios nombres comunes: Arango, badumbo, brotón, caragua, caraño, carao, jazmín, marengo, palo blanco, paraíso, paraíso blanco, tamarindo cimarrón, teberindo, chipilín, sasafrás, tamarindo extranjero, teberinto (Alfaro & Martínez, 2008). Es cultivada comúnmente en las partes más calientes de Guatemala, principalmente en tierra caliente, y naturalizada en muchas localidades: Petén, Zacapa, Chiquimula, El Progreso, Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Guatemala, Retalhuleu, San Marcos, seguramente en la mayoría de los otros departamentos (Standley & Steyermarck, 1946).

4.2.2. Propiedades nutricionales

La moringa posee cualidades nutricionales sobresalientes y es considerada como uno de los mejores vegetales. Análisis realizados sobre el valor nutricional y los usos alimenticios de las hojas, vainas y semillas, han revelado valores de macro y micronutrientes ideales para ser una fuente alimenticia de proteínas, grasa, calcio, potasio, hierro, carotenos, vitamina C, entre otros; y por lo tanto, también como fuente energética (Agrodesierto, 2006; Alfaro & Martínez, 2008). Mediante un análisis bromatológico realizado por Franco, Rosales & Aguilar (2016) se determinó que la harina de moringa contiene un alto aporte de nutrientes, especialmente de proteína (30.45%) y carbohidratos solubles (48.20%), siendo este también ideal

como suplemente energético. La moringa también presenta bajo contenido en grasas y derivados grasos (30.6%) y alto contenido de fibra cruda (8.93%).

En relación a factores antinutricionales, las hojas de moringa tienen cantidades insignificantes de taninos (1.4%) y están libres de taninos condensados, los cuales no producen efectos adversos a esta concentración. Los niveles de saponinas son de 5%, lo que las hace relativamente inocuas. La presencia de fitatos (entre 1 y 5%) puede generar problemas ya que disminuye la disponibilidad de los minerales para monogástricos (Reyes, 2004).

La moringa también es considerada una planta multipropósito, debido a que tiene varios efectos benéficos en otras aplicaciones; las semillas por ejemplo presentan actividad antibiótica potencial contra ciertas especies patógenas bacterianas. Incluso puede ser usado como purificador de agua ya que contienen proteínas específicas con propiedades de coagulación (Stadtlander et al., 2013).

4.2.3. Utilización de la Moringa en alimentación de animales

Las partes de la planta que se pueden emplear para la alimentación animal son las hojas, brotes y semillas. Su composición nutricional posee altos contenidos de macro y micronutrientes; diversos estudios han evidenciado que su uso en la dieta de animales puede incrementar el peso de distintas especies (Valdéz, 2012).

En tilapia se ha evaluado la calidad nutricional de la moringa como fuente alternativa de proteína. Richter, Siddhuraju & Becker (2003) evaluaron 3 dietas con 10%, 20% y 30% de inclusión de harina de moringa. El trabajo concluyó que la dieta con 10% de moringa es la ideal; sin embargo, la presencia de saponinas, NDF y fenoles en la moringa puede afectar el crecimiento, y para lograr la inclusión de 30% de moringa en la dieta es necesario inactivar los factores antinutricionales. En otro estudio realizado por Rivas et al. (2012) se sustituyó moringa por harina de pescado

en la alimentación de tilapia. Los autores concluyeron que la moringa representa una alternativa viable como ingrediente para sustituir parcialmente la harina de pescado en alimentos balanceados para tilapia, debido a su contenido de proteína y carbohidratos.

En el trabajo de investigación realizado por Stadlander et al. (2013) se estudió el efecto sobre parámetros hematológicos al añadir extracto de semilla de moringa a la dieta de la tilapia nilótica en tres concentraciones (400, 800 y 1200 ppm). Se determinó que la suplementación con extracto de semilla de moringa resulta en un incremento del hematocrito y la concentración de hemoglobina, más no en el conteo de glóbulos blancos.

4.3. Macadamia (*Macadamia integrifolia*)

4.3.1. Generalidades

La macadamia pertenece a la familia de las potáceas y es originaria de los bosques lluviosos costaneros del litoral de Australia. Su introducción a Guatemala no se puede determinar con precisión pero se cree que en el año 1958 se introdujeron las primeras semillas. Crece mejor en clima subtropical, en altitudes de 0 a 1,6000 msnm, a temperaturas de 15 a 25°C. (ANACAFE, 2004; Orwa et al., 2009).

Las zonas de mayor producción en Guatemala se localizan en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Escuintla, Guatemala, Izabal, Jalapa, Jutiapa, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez y Zacapa. Los niveles altos de producción de nuez de macadamia se presentan desde los meses de julio hasta diciembre (Salazar, 2006).

4.3.2. Propiedades nutricionales

La macadamia posee propiedades funcionales que pueden ser utilizadas para desarrollar alimentos nutritivos. Adicionalmente, provee de altas cantidades de energía, minerales y vitaminas que son de interés en el desarrollo de dietas especiales. El perfil nutricional hace de su consumo un ingrediente ideal en una alimentación saludable (De Lira, Bacardí & Jiménez, 2012; Rengel et al., 2015).

Mediante el análisis bromatológico de la macadamia realizado por Franco et al. (2016) se determinó que la harina de nuez de macadamia puede utilizarse en la dieta de tilapia como suplemento energético, rico en grasas y derivados grasos (59%), bajo en carbohidratos y moderado en contenido proteico (15.44%). Las nueces de macadamia también son ricas en elementos trazas esenciales tales como: calcio, hierro, fósforo, magnesio y potasio, y vitaminas como la tiamina (B1), riboflavina (B2), retinol (A1) y niacina (B3). Además de las características nutricionales de las nueces de macadamia, Rengel et al. (2015) ha reportado posibles propiedades antioxidantes del ingrediente.

La calidad de la semilla de macadamia está relacionada con su contenido y composición de aceite; las nueces son maduras cuando su semilla acumula 72% o más aceite. La semilla también contiene 10% de carbohidratos, 9.2% de proteína, la cual es baja en metionina; 0.7% de minerales, particularmente potasio; niacina, tiamina y riboflavina (Orwa et al., 2009).

4.3.3. Macadamia como alimento animal

De acuerdo a la tesis realizada por Montoya & Osorio (2010), la macadamia tiene un uso potencial en la industria de alimentos para animales como suplemento de concentrados que carecen de macro y micro nutrientes, así como de grasa y carbohidratos. Concluyeron que puede ser un buen suplemento energético por su

alto contenido en grasa y carbohidratos para animales. Sin embargo, la macadamia no ha sido muy utilizada como insumo en los concentrados de animales. Phosa (2009) utilizó macadamia en combinación con ceniza de madera en alimentación de aves de engorde, obteniendo resultados positivos para ganancia de peso.

En cuanto a la industria acuícola, la harina de nuez de macadamia presenta potencial de uso en alimentos balanceados para trucha, por el alto contenido de ácidos grasos monosaturados. También se ha sugerido su utilización en alimentos para tilapia en ambientes de agua templada o fría (Franco et al., 2016), considerándose como una fuente de gran potencial de proteína en tilapia (El-Sayed & Tacon, 1997).

En un estudio realizado por Balogun & Fagbenro (1995) se utilizaron 4 dietas con 10%, 20%, 50% y 100% de macadamia en sustitución de harina de soya. Los resultados de este experimento indicaron que la inclusión de macadamia en la dieta de tilapia puede ser de hasta 50% en sustitución de harina de soya, a pesar de que el balance de aminoácidos que existe en la proteína de la torta de macadamia no es el ideal. Anteriormente, Fagbenro (1993) había determinado que la utilización de macadamia como suplemento alimenticio en *Tilapia guineensis* no variaba significativamente con tilapias alimentadas solo con concentrado comercial en crecimiento y conversión alimenticia.

4.4. Mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Orden Dipterae)

4.4.1. Generalidades

Se le conoce como mosca del Mediterráneo en español; “Mediterranean fruit fly” o “medfly” en inglés (Guzmán, 2010). Se encuentra en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Es originaria de África y a partir de allí ha

emigrado hacia el resto de continentes (Animal and Plant Health Inspection Service, 2015). En Guatemala se reportó por primera vez en 1975 (MOSCAMED, 2010).

La larva de la mosca del Mediterráneo es blanca, cilíndrica, elongada y en forma de gusano. La mosca adulta mide de 3.5 a 5 mm en longitud, tiene un color amarillento con un toque café. Una hembra adulta puede depositar hasta 22 huevos por día y 800 durante su vida. Ataca a más de 260 frutas, flores, vegetales y nueces diferentes, especialmente frutas maduras y de piel delgada. El hospedero varía entre las diferentes regiones que habita (Porras & Lecuona, 2008).

4.4.2. Programa MOSCAMED en Guatemala

En Guatemala el Programa MOSCAMED es la institución oficial encargada del control y erradicación de la mosca del Mediterráneo de su territorio y sus actividades de trabajo se orientan a detectar la presencia de la plaga y suprimir con una integración de controles los brotes o detecciones en las áreas de influencia, concentrándose en cuatro áreas de trabajo: Área Libre, Área de Baja Prevalencia, Área de Supresión y Área de Monitoreo (MOSCAMED, 2010).

4.4.3. Insectos del orden Dipterae y sus propiedades nutricionales

Muchos insectos comestibles proveen cantidades satisfactorias de energía y proteína, cumplen con requerimientos nutricionales de aminoácidos, y son altos en ácidos grasos monoinsaturados y/o poliinsaturados, a la vez que son ricos en micronutrientes (van Huis et al., 2013). Existe muy poca información sobre las propiedades nutricionales o la utilización de la mosca del Mediterráneo en la alimentación animal. Sin embargo, se ha generado información sobre insectos del orden Dipterae, al cual pertenece la mosca del Mediterráneo. La mayoría de las dietas experimentales de este orden han sido utilizando la mosca doméstica y la mosca soldado negra (Sánchez et al., 2014).

De acuerdo al estudio realizado por Barroso et al. (2014), los insectos del orden Dipterae son los que más se asemejan al perfil de aminoácidos que tiene la harina de pescado. El contenido de proteína total de los insectos del orden también es alto, entre 40-50%, aunque puede ser más elevado dependiendo de la especie. El estudio concluye que los insectos del orden Dipterae son los que más posibilidades tienen de ser utilizados como fuente de proteína alterna en la acuicultura. Sin embargo, el contenido de ácidos grasos de los insectos es muy diferente a la harina de pescado. Mientras la harina de pescado es rica en omegas 3, los insectos prácticamente carecen de ellos, y presentan una mayor proporción de omega 6 y ácidos monoinsaturados (Segura, 2014).

En un estudio realizado específicamente en la mosca doméstica reveló que es alta en proteína y lípidos, aunque puede ser variable. El contenido de proteína cruda varía entre 40-60% de materia seca. El contenido lipídico es aún más variable, oscilando entre 9-25%. También determinó que las pupas y larvas contienen menos proteína y más grasa (Heuzé & Tran, 2015). En otro estudio, Franco et al. (2016) obtuvieron datos sobre el valor nutricional de la mosca del Mediterráneo. En él se analizó bromatológicamente a la hembra de mosca del Mediterráneo en fase adulta; se determinó que contiene 94.79% de materia seca y 74.77% de proteína cruda. La larva de la mosca también fue analizada, y los resultados fueron de 94.46% de materia seca y 45.37% de proteína cruda.

4.4.4. Insectos del orden Dipterae como alimento animal

El uso de insectos como materia prima en alimentos para peces y en alimentos para mascotas es una alternativa muy cercana a la realidad. La aplicación de insectos en alimentos para cerdos y aves de producción también es considerada realista (Veldkamp et al., 2012). En las dietas de aves y cerdos la harina de mosca doméstica ha sido evaluada. En aves se encontró que la proteína y energía proveída por la harina de larva de mosca común provee un rendimiento similar a la obtenida

por dieta comercial. En cerdos se encontró que el rendimiento productivo o la salud de los cerdos en distintas fases no se ve afectada de forma negativa por el uso de la harina de mosca (Sánchez et al., 2014; Heuzé & Tran, 2015).

Estudios en tilapia como el Madalla, Ally & Chenyambuga (2014) han determinado que la de harina de mosca doméstica puede estar incluida hasta en un 40% en la dieta. Ogunji et al., (2008) concluyeron que la utilización en la dieta de harina de mosca doméstica puede dar el mismo crecimiento que utilizando harina de pescado como fuente primaria de proteína, aunque recomendaron buscar otras fuentes de ácidos grasos omega 3 y 6. En otro estudio realizado por Ogunji et al. (2006) se alimentó con dietas conteniendo harina de mosca doméstica en distintas concentraciones a tilapias durante 56 días. Se midieron parámetros productivos y fisiológicos (hematocrito, glucosa y cortisol). Los resultados indicaron que la harina de mosca puede reemplazar completamente a la harina de pescado, con buen rendimiento productivo sin causar estrés fisiológico.

La mosca soldado negra también se ha utilizado en la alimentación de tilapia. En un estudio se elaboraron dietas conteniendo harina de mosca adulta (50% de inclusión). Se determinó que no existía diferencia en el peso y talla de los animales alimentados con la dieta experimental, comparados a tilapias alimentadas con concentrado comercial (Bondari & Sheppard, 1981).

4.5. Hematología y bioquímica sanguínea en peces

El fluido sanguíneo en los peces se encuentra compuesto por una parte líquida (el plasma) y otra sólida (las células), los cuales en su conjunto ocupan un volumen que oscila entre 2-4% del peso corporal del animal (Brown, 1993). Una de las características distintivas de la sangre de los peces es la presencia de núcleo en los eritrocitos maduros (células rojas sanguíneas). Un frotis sanguíneo periférico de un pez sano presenta una preponderancia de eritrocitos; otras células que pueden

encontrarse son linfocitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos y trombocitos (Yasutake & Wales, 1983).

4.5.1. Leucocitos

Son células involucradas en el sistema inmune, que pueden encontrarse en la sangre circulante o en tejidos y en ocasiones pueden formar parte de complejos celulares, los cuales se denominan centros melanomacrófagos. La clasificación de los leucocitos de peces, como en todos los vertebrados, se ha realizado por criterios morfológicos, según los cuales se distinguen varios tipos: linfocitos, monocitos y granulocitos (Fernández, de Blas & Ruiz, 2002).

4.5.2. Granulocitos

Son células móviles y fagocíticamente activas, que en su citoplasma contiene gránulos lisosomales, vacuolas, mitocondrias y otras organelas. Se encuentran en distintas proporciones en la sangre, dependiendo de las especies, pero las más comunes son los neutrófilos y los eosinófilos, mientras que los basófilos no están presentes en la mayoría de las especies acuícolas (Olabuenaga, 2000).

4.5.3. Neutrófilos

Poseen funciones principalmente fagocíticas, quimiotácticas y bactericidas.. Son capaces de sintetizar “trampas” extracelulares compuestas por gránulos de proteína y componentes nucleares que atrapan y destruyen bacterias. Las funciones fagocíticas y bactericidas de los neutrófilos son reducidas en algunas especies y a pesar de encontrarse en algunos exudados fibrinosos, su participación en procesos agudos es muy inferior a la de mamíferos (Penagos et al., 2009).

4.5.4. Eosinófilos

Son poco frecuentes en la sangre, pero se localizan en gran cantidad en el tejido conectivo de la piel, las branquias y el intestino. Se ha demostrado que posteriormente a la exposición a antígenos bacterianos y parasitarios, los eosinófilos se desgranulan y posteriormente hay un aumento en la concentración de histamina en la sangre (Rubio, 2010).

4.5.5. Basófilos

Son células que se observan muy raramente en sangre periférica de los peces. Estas células tienen una activa participación en la respuesta inmunitaria, a través de la liberación de histamina y serotonina en bajas concentraciones (Salazar, Romero & Centeno, 2012).

4.5.6. Linfocitos

Son células inmunocompetentes que constituyen la base de las reacciones inmunes. Son células no fagocíticas y constituyen entre el 50 al 80% del total de los leucocitos. Existen dos tipos, los linfocitos B y T. Su influencia en la respuesta inmune tiene un amplio rango y a su vez recluta otras células como los macrófagos (Olabeuena, 2000).

4.5.7. Monocitos-macrófagos

Es el principal componente de la respuesta inmune innata, sirven como presentadores primarios de antígenos en la respuesta inmune adquirida, son los principales fagocitos de los peces, además que participan en procesos de inflamación (Penagos et al., 2009). Es muy poco frecuente observar

monocitos/macrófagos en tilapias otras que las que se encuentren ya infectadas o en procedimientos de inmuno-estimulación preventiva (Conroy & Conroy, 2007).

4.5.8. Trombocitos

Aunque no son células de linaje leucocitario, su participación en exudados inflamatorio y actividad fagocitaria ha sido estudiada y se cree que posee funciones de defensa orgánica en varias especies animales (Tavares-Dias et al., 1999). Estudios recientes han demostrado que los trombocitos están involucrados en los procesos de coagulación y en la defensa del organismo en los peces teleósteos (Tavares-Dias & Ragonha, 2009).

4.5.9. Bioquímica sanguínea

Los parámetros de bioquímica sanguínea son indicadores válidos y útiles para determinar el estado nutricional y salud de los peces cultivados. Dichos parámetros permiten establecer condiciones normales de salud, detectar desórdenes fisiológicos y proveer información para diagnóstico y pronóstico de enfermedades causadas por factores nutricionales, ambientales y sanitarios (Vásquez et al., 2012).

4.5.10. Proteínas totales

Los elementos principales en sangre son las proteínas plasmáticas, por eso conocer su valor representa un factor esencial para determinar la condición de salud de un pez. Por ende, el valor de las proteínas totales en suero representa el indicador bioquímico más importante de la condición nutricional del organismo y de la condición de salud (Patriche, Patriche & Tenciu, 2009).

4.5.11. Glucosa

Los resultados de glucosa en sangre deben de ser interpretados con cuidado, tomando en cuenta factores extrínsecos tales como la dieta, etapa de vida, tiempo desde la última comida, estación del año, entre otros, ya que todos estos pueden afectar el almacenamiento de glucógeno en el hígado. El estado nutricional es uno de los factores más importantes que puede tener un efecto en la respuesta de la glucosa sanguínea (Martínez, Martínez & Ramos, 2009).

4.5.12. Valores de referencia

En el cuadro 1 se muestran los valores de referencia de los parámetros hematológicos y bioquímicos en tilapia nilótica:

Cuadro 1. Valores de referencia de hematología y bioquímica sanguínea de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Variable	Promedio	Autores
Hematocrito (%)	32.44 ± 5.78	Hahn von Hessberg, Quiroz, & Grajales (2014).
Glucosa (mg/dl)	57.29 ± 5.22	Arenal et al. (2012)
Proteína (mg/dl)	3.18 ± 0.64	Hahn von Hessberg et al. (2014).
Neutrófilos (%)	9	Hahn von Hessberg et al. (2014).
Linfocitos (%)	53-54	Hahn von Hessberg et al. (2014).
Trombocitos (%)	26.06 ± 0,48	Hahn von Hessberg et al. (2014).
Monocitos (%)	1.50 ± 0.29	Ighwela et al. (2012).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Recursos humanos

- Estudiante.
- 1 ayudante de granja.
- 1 asesor Médico veterinario.
- 1 asesor Licenciado en acuicultura.

5.1.2. Recursos de laboratorio

- Lápiz.
- Papel.
- Regla.
- Microscopio.
- Centrifugadora.
- Tijera.
- Calculadora.
- Tubos de ensayo.
- Bata de laboratorio.
- Aceite de inmersión.
- Tubos de microcentrífuga.
- Guantes.
- Espectrofotómetro.
- Pipetas.
- Reloj.
- Incubadora a 37°C.
- Tubos de reacción 1.5 ml.
- Kits comerciales de glucosa (ref. 864122522) y proteína (ref. 864125622) de Laboratorios Wiener.
- Termómetro °C
- Refrigeradora.
- Guantes.

5.1.3 Recursos de campo

- Jeringas de 1 ml.
- Agujas de 22G X 1¹/₂.
- Capilares con heparina.
- Láminas portaobjetos.
- Plastilina.
- Bandejas plásticas.
- Baldes plásticos.
- Marcador.
- Lapicero.
- Metanol.
- Tubos de ensayo.
- Guantes.

5.1.4. Recursos biológicos

- Juveniles de tilapia.

5.2. Métodos

5.2.1. Área de trabajo

La fase experimental fue realizada en las instalaciones de la Estación Monterrico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) ubicada en la Aldea Monterrico, municipio de Taxisco, departamento de Santa Rosa. La Estación se encuentra dentro de una zona de vida “Bosque Húmedo Subtropical (cálido)”, clima cálido-tropical, a una altitud entre 0 y 5 msnm, humedad relativa de 80% y temperatura promedio de 28°C (Godínez, 2014). La fase de laboratorio fue realizada en el Laboratorio de Sanidad Acuícola del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), ubicado en el campus central de la Universidad San Carlos de Guatemala.

5.2.2. Aclimatación y acondicionamiento de organismos

Se utilizaron 500 alevines de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) con un peso promedio de 3 ± 1 g, adquiridos de la granja privada productora de alevines Marialinda *Ltda.*, ubicada en el kilómetro 70, ruta a Taxisco, Santa Rosa. Los alevines de tilapia se acondicionaron por un periodo de un mes.

A su ingreso, fueron acondicionadas en 15 tinacos de plásticos circulares con capacidad para 800 litros de agua cada uno. Cada tinaco contó con un sistema de aireación continua. El sistema de tinacos se ubicó en un recinto bajo techo. Semanalmente se removió material fecal y restos alimenticios del fondo de los tinacos y se realizó recambio de agua del 75%. El agua utilizada presentó las siguientes características: temperatura promedio de $29 \pm 2^{\circ}\text{C}$, rangos de pH entre 7-7.5, oxígeno disuelto ≥ 3 mg/L y rangos de salinidad entre 0 a 3 ppt (partes por mil).

Durante las primeras dos semanas de adaptación las tilapias fueron alimentadas con concentrado comercial (Aquaxcel®) de 2.2 mm de longitud y 45% de proteína cruda (PC). Este tipo de alimento es el adecuado durante esta etapa, ya que el tamaño de la partícula y la cantidad de proteína es el ideal para el desarrollo de los peces. Posteriormente, las tilapias fueron alimentadas con una mezcla de Aquaxcel® y concentrado comercial de tilapia de 3.5 mm de longitud y 38% de PC. La combinación de los dos tipos de alimento es necesaria para poder realizar la transición de una partícula de mayor tamaño.

5.2.3. Preparación de las dietas experimentales

Para desarrollar la fase experimental, se implementaron cuatro dietas experimentales y una dieta control. Las dietas experimentales fueron elaboradas

con aceite vegetal, harina de pescado, fécula de yuca, fécula de maíz, harina de soya y un núcleo de aditivos compuesto de secuestrante de micotoxinas, sal, bicarbonato de sodio, un suplemento de vitaminas y minerales, y los insumos experimentales. Para la dieta control se utilizó concentrado comercial con 38% de proteína cruda.

Los ingredientes no tradicionales para elaborar las dietas experimentales fueron seleccionados en base a su calidad y cantidad proteica. Los insumos utilizados fueron harina de moringa (*Moringa oleífera*), harina de macadamia (*Macadamia integrifolia*), harina de mosca del Mediterráneo adulta y harina de larva de mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). El análisis bromatológico de los ingredientes se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis bromatológico de los ingredientes utilizados

Ingrediente	Proteína Cruda (%)	Energía (Kcal)	Grasa (%)	Fibra (%)
Fécula de yuca	2.40	812.00	0.50	6.10
Fécula de maíz	17.00	3700.00	6.00	4.00
Núcleo	0.00	0.00	0.00	0.00
Harina de soya	47.00	3200.00	1.90	4.10
Harina de pescado	59.00	3035.00	9.00	1.00
Harina de moringa	30.00	2430.00	3.00	8.94
Harina de Mosca adulto	71.70	2500.00	9.12	12.74
Harina de Macadamia	14.29	7000.00	58.79	10.33
Harina de larva mosca	42.86	2500.00	32.33	13.17

Las dietas experimentales fueron formuladas y balanceadas isoprotéicas, con 38% de proteína cruda. Se asignó a cada grupo una dieta experimental, quedando de la siguiente manera: T1- harina de moringa; T2- harina de mosca del Mediterráneo adulta; T3- harina de macadamia; T4- harina de larva de mosca del Mediterráneo; T5- control. Para elaborar las dietas experimentales se llevó a cabo el procedimiento descrito por Franco et al. (2016), elaborando concentrados artesanales con los insumos previamente descritos. La formulación y balanceo de las dietas experimentales se muestran en el cuadro 3 y 4.

Cuadro 3. Formulación de dietas experimentales

Tratamiento / Ingrediente	T 1	T 2	T 3	T 4
Fécula de maíz (%)	10.58	43.02	19.53	24.42
Fécula de yuca (%)	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de soya (%)	60.47	30.03	70.75	61.50
Núcleo (%)	2.45	2.45	2.45	2.45
Harina de pescado (%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Harina de moringa (%)	20.00	---	---	---
Harina de mosca del mediterráneo adulta (%)	---	22.27	---	---
Harina de macadamia (%)	---	---	5.77	---
Harina de larva de mosca del mediterráneo (%)	---	---	---	10.13
Total	100	100	100	100

Cuadro 4. Balanceo de dietas experimentales

	Proteína Cruda %	Energía (Kcal)	Grasa %
T1	38	3126.63	5.66
T2	38	3196.90	6
T3	38	3424.87	6
T4	38	3159.23	6

Los tratamientos experimentales presentan un porcentaje igual de proteína cruda (38%), debido al balanceo realizado de las dietas. También se observa que T3 posee una cantidad mayor de energía comparada a las otras dietas experimentales. De la misma manera, T1 presentó un porcentaje menor de grasa, lo cual pudo haberse debido a las características del ingrediente no tradicional.

5.2.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, siendo la unidad experimental la tilapia. Se evaluó el efecto de las dietas sobre cuatro parámetros sanguíneos; hematocrito, leucograma, proteínas totales y glucosa.

5.2.5. Fase experimental

Para iniciar la fase experimental se seleccionaron tilapias con peso promedio de $37 \pm 9.28\text{g}$, las cuales fueron distribuidas en los 15 tinacos utilizados previamente durante el periodo de aclimatación. La densidad de siembra fue de 23 organismos por tinaco, con un promedio de carga animal de 1.06 kg/ m^3 por tinaco. Los peces fueron alimentados con las dietas durante 30 días, tiempo que duró la fase experimental. Se calculó la ración alimenticia a partir del 3% del total de la biomasa

de los tinacos. Semanalmente se ajustó la cantidad de alimento en función de la ganancia de peso de cada tratamiento, para el ajuste se utilizó la tabla de alimentación del fabricante del concentrado comercial utilizado. El alimento se dividió en tres raciones diarias, iniciando a las 09:00 am, 13.00 pm y finalizando a las 16:00 pm.

Para evaluar el efecto de las dietas sobre las variables hematológicas y bioquímicas se realizaron tres muestreos sanguíneos. Los animales muestreados fueron seleccionados al azar y evaluados para comprobar que se encontraran sanos. El primer muestreo se realizó el día previo a iniciar la fase experimental y sus resultados fueron utilizados como línea base. El segundo muestreo se realizó al finalizar la fase experimental (30 días); y el tercer muestreo fue realizado 15 días después de finalizar la fase experimental (45 días). Cabe mencionar que después de finalizar la fase experimental, se cambió gradualmente la alimentación con los tratamientos experimentales por una dieta de concentrado comercial, por lo que al momento de realizar el muestreo de 45 días la alimentación con las dietas experimentales había cesado. Para cada uno de los muestreos se seleccionaron 30 organismos por tratamiento de forma aleatoria para tomar la muestra sanguínea. Se tomaron dos muestras extras de cada tanque para reemplazar aquellas muestras que no resultaran aptas para su procesamiento y tuvieran que ser descartadas.

5.2.6. Hematología y bioquímica sanguínea

5.2.6.1. Toma de muestra sanguínea

La toma de la muestra sanguínea fue realizada en tilapias vivas capturadas de manera aleatoria. Los animales fueron colocados sobre una bandeja con una toalla sobre el área ocular para mayor control del animal. Se utilizó la modificación de la metodología descrita por Hrubec, Cardinale & Smith (2000) para tomar la muestra. Se extrajo aproximadamente 0.5 ml de sangre de los vasos sanguíneos caudales

con una jeringa de 1 ml, utilizando una aguja de 22G x 1¹/₂. Las muestras hemolizadas o coaguladas fueron descartadas.

5.2.6.2. Hematocrito

Parte de la sangre recolectada de cada muestra fue colocada en un microcapilar con heparina. Se utilizó el principio de la medición descrito por Torrance (2012) para determinar el hematocrito de las muestras. Se centrifugaron los microcapilares obtenidos anteriormente para separar las células del plasma. Se calculó el porcentaje de hematocrito en base a la longitud de la capa de eritrocitos de cada muestra. El suero sobrante fue trasvasado a un tubo de microcentrífuga y congelado a temperatura de -12°C para posteriormente ser utilizada en las determinaciones bioquímicas.

5.2.6.3. Frotis periférico

Para realizar el frotis periférico se colocó una gota de la sangre recolectada previamente sobre un portaobjetos e inmediatamente se realizó un frotis sanguíneo de cada muestra y se fijó con metanol. Para su evaluación, los portaobjetos fueron teñidos con una solución de Giemsa (1:10) por 30 minutos; posteriormente se lavaron con agua destilada para remover el exceso de colorante y se secaron a temperatura ambiente.

5.2.6.4. Leucograma

Se utilizó una modificación del método de Hrubec et al. (2000) para el recuento de glóbulos blancos. Se observaron los frotis sanguíneos en un microscopio utilizando el objetivo 100x con aceite de inmersión. Se contaron aproximadamente 500 células de cada frotis. Se obtuvo el leucograma a partir de la diferenciación y conteo de tres grupos celulares, según la clasificación de leucocitos en peces

realizada por Fernández et al. (2002): granulocitos, linfocitos y monocitos. Además de ello, se incluyó a los trombocitos por su capacidad de actuar en la respuesta inmune de los peces, según Tavares-Dias et al. (1999) y Tavares-Dias & Ragonha (2009). Para obtener el leucograma, se obtuvo el porcentaje de cada grupo celular de los frotis individuales. Posteriormente, se calculó el promedio total de cada grupo celular por tratamiento.

5.2.6.5. Glucosa

Se utilizó el método colorimétrico por espectrofotometría de glicemia enzimática AA para la determinación de glucosa en suero o plasma (Ref. 864122522) a través de kits comerciales de Laboratorios Wiener (2010).

5.2.6.6. Proteínas totales

Se utilizó el método colorimétrico por espectrofotometría para la determinación de proteínas totales en suero (Ref. 864125622) a través de kits comerciales de la marca Laboratorios Wiener (2010).

5.2.7. Análisis estadístico

Para determinar las variables dependientes proteínas totales y glucosa, se utilizó estadística paramétrica:

- Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando alfa de 0.05 para determinar diferencia significativa entre las variables.
- Prueba de Tukey para comparar medias en caso de que haya diferencia significativa.

Para determinar las variables dependientes hematocrito y leucograma, se utilizó estadística no paramétrica:

- Prueba de Kruskal-Wallis utilizando alfa de 0.05 para determinar diferencia significativa entre las variables.
- Método de Comparación entre pares para comparar proporciones en caso de que haya diferencia significativa.

Para complementar el análisis de los datos obtenidos, se tomaron los valores generados por Franco et al. (2017), quienes describieron el efecto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales sobre parámetros productivos, siendo estos: peso promedio final, conversión alimenticia e índice de crecimiento. Los resultados encontrados están descritos en el anexo 4.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Línea Base

Los resultados hematológicos y de bioquímica sanguínea correspondientes a la línea base se describen en el cuadro 5. Los resultados coinciden con los valores encontrados por Silva et al. (2012), Hahn von Hessberg et al. (2014) y Mehrim (2014). Se observó ligeras variaciones de los resultados respecto a los encontrados por Ishikawa et al. (2007), quien obtuvo un menor hematocrito. Cabe resaltar que ambos estudios utilizaron tilapias en condiciones ambientales distintas a las de este estudio.

Conjuntamente se observó una variación de los trombocitos ligeramente superior a la reportada por la literatura. De acuerdo a Tavares-Dias & Ragonha (2009), la elevación de trombocitos en peces está asociada principalmente al aumento de temperatura del agua y estrés, lo cual pudo haber provocado que los organismos presentaran elevado el conteo de trombocitos.

Cuadro 5. Parámetros hematológicos y bioquímicos en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) correspondientes a la línea base

Parámetro	Línea Base
Hematocrito (%)	35.96 ± 4.25
Proteína (mg/dl)	3.24 ± 0.39
Glucosa (mg/dl)	59.02 ± 4.08
Granulocitos (%)	10.97
Monocitos (%)	7.72
Linfocitos (%)	45.95
Trombocitos (%)	35.36

En el muestreo de línea base se obtuvieron los valores iniciales de las mediciones hematológicas y bioquímicas de los organismos. Los parámetros iniciales sirven para determinar la condición e idoneidad de los organismos previo a iniciar la fase de experimentación, de acuerdo a Gullison et al. (2015). A partir de los resultados obtenidos y su comparación con valores de referencia, se pudo inferir que los animales se encontraban en condiciones ideales para llevar a cabo el experimento.

6.2. Hematocrito

Los resultados obtenidos del hematocrito se observan en el cuadro 6. No se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos experimentales en los muestreos a los 30 días y 45 días. Tampoco se encontró diferencia significativa al comparar los resultados de los tratamientos experimentales con el grupo control.

El valor de T1 es similar al obtenido por Gabriel et al. (2015), quien utilizó un alimento con 0.05% de inclusión de aloe vera, la cual posee propiedades nutricionales similares a la moringa. Los valores de T2 y T4 fueron similares a los obtenidos en el estudio realizado por Ogunji et al. (2006), en donde se incluyó harina de mosca doméstica en dietas experimentales de tilapia nilótica. Los resultados obtenidos por T2 fueron similares a los obtenidos a partir de la inclusión del 15% y 25% de harina de mosca doméstica; T4 fue similar al tratamiento de 55% de inclusión de harina de mosca doméstica.

Los resultados obtenidos por T3 son comparables a los obtenidos por Demir et al. (2014), quienes obtuvieron valores de hematocrito de 37.27 ± 0.38 y 36.83 ± 0.4 en tilapia alimentada con dietas experimentales, a partir de una inclusión de 5% y 10% de aceite de maní, respectivamente. El aceite de maní posee propiedades similares a la harina de macadamia, principalmente el alto contenido energético, por lo que se compararon ambos ingredientes.

Cuadro 6. Parámetros de hematocrito obtenidos en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en los muestreos a los 30 días y 45 días

Tratamiento	Muestreo 30 días	Muestreo 45 días
T1 %	36.16 ± 2.67 ^a	35.07 ± 3.15 ^A
T2 %	34.45 ± 2.53 ^a	35.04 ± 3.14 ^A
T3 %	33.95 ± 2.58 ^a	32.87 ± 2.19 ^A
T4 %	34.29 ± 3.08 ^a	32.98 ± 3.80 ^A
T5 %	33.77 ± 3.45 ^a	35.11 ± 6.25 ^A

Las medias en la misma columna con diferentes superíndices fueron significativamente distintos ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a Tavares-Dias & Faustino (1998), el hemograma es un buen indicador de los diversos efectos ambientales y nutricionales en la tilapia. Al comparar los resultados obtenidos, se observó que la inclusión de los ingredientes no tradicionales generó resultados estadísticamente iguales entre sí. De la misma manera, no existió diferencia significativa al comparar los resultados de las dietas experimentales con el grupo control. A partir de ello, se infiere que el efecto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales sobre la medición de hematocrito fue estadísticamente igual entre los tratamientos experimentales.

Al comparar los resultados obtenidos con estudios de referencia, se observa que los resultados obtenidos de los tratamientos experimentales son similares a lo reportado por otros autores. Por ello, se infiere que el efecto sobre el hematocrito de la inclusión de los ingredientes no tradicionales es similar al efecto registrado por ingredientes con propiedades similares.

6.3. Glucosa

Los resultados para la medición de glucosa se observan en el cuadro 7. En el muestreo a los 30 días no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en el muestreo a los 45 días en T1 con relación de los grupos T2 y T3; mientras que el resto de tratamientos no existió diferencia significativa. Al comparar los tratamientos experimentales con el grupo control, no se observó diferencia estadísticamente significativa.

Al ser comparados con estudios de referencia, se observó que los resultados de T1 varían respecto al encontrado por Gabriel et al. (2015), quien obtuvo un valor de 45.9 mg/dl en tilapia nilótica alimentada con 1% y 2% de inclusión de aloe vera. De igual manera, se observa que los valores de T3 son distintos al ser comparado con el estudio realizado por Demir et al. (2014), quien realizó una inclusión de 10% de aceite de maní en la dieta de tilapia nilótica, obteniendo un valor de 59.61 ± 10.27 mg/dl de glucosa. Por otra parte, T2 y T4 presentaron un resultado mayor al reportado por Ogunji et al. (2006), quien obtuvo un valor de 43.73 mg/dl de glucosa utilizando un concentrado con 25% de inclusión de harina de mosca doméstica en tilapia nilótica.

En otro estudio, Jimoh et al. (2015) realizaron dietas experimentales en tilapia nilótica con distintos porcentajes de inclusión de harina de semilla de sandía. Este ingrediente fue utilizado por sus propiedades nutricionales comparables a otras fuentes de proteína de aceites de semillas, como la soya y otras leguminosas, además de ser alto en energía. En el estudio, se obtuvo un valor de 50.00 ± 11.31 mg/dl de glucosa en tilapias alimentadas a partir de un concentrado experimental con 47.09% de la harina de semilla de sandía. Este resultado también estuvo por debajo de los valores encontrados.

Cuadro 7. Parámetros de glucosa obtenidos en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en los muestreos a los 30 días y 45 días

Tratamiento	Muestreo 30 días	Muestreo 45 días
T1 (g/dl)	76.42 ± 5.57 ^a	79.61 ± 6.04 ^A
T2 (g/dl)	83.24 ± 5.24 ^a	93.63 ± 5.01 ^B
T3 (g/dl)	84.07 ± 5.02 ^a	91.76 ± 7.43 ^B
T4 (g/dl)	79.07 ± 5.00 ^a	85.05 ± 7.13 ^{AB}
T5 (g/dl)	81.86 ± 4.82 ^a	88.33 ± 6.27 ^{AB}

Las medias en la misma columna con diferentes superíndices fueron significativamente distintos ($P \leq 0.05$).

No existió diferencia significativa en la prueba de glucosa entre los tratamientos experimentales, a excepción de la diferencia entre T1 con T2 y T3. Tampoco se observó al comparar los tratamientos experimentales con el grupo control. La concentración de glucosa en sangre puede elevarse en condiciones de estrés (Marroquín y García, 2015) o reducirse significativamente debido a una dieta con alto contenido de factores anti nutricionales (Jimoh et al., 2015); la mayoría de los resultados obtenidos no provocaron el aumento ni reducción del valor de glucosa en sangre al comparar los tratamientos, por lo que se infiere que el efecto de los ingredientes no tradicionales no aumenta ni reduce significativamente la glucosa en sangre. Sin embargo, el resultado estadísticamente significativo entre T1 con T2 y T3 en el muestreo de los 45 días, podría indicar una diferencia de los tratamientos en la capacidad de mantener estables los valores de glicemia y de la respuesta del organismo ante condiciones de estrés, producto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales.

Como se ha mencionado, la glucosa es uno de los indicadores de estrés más comunes en peces, y de acuerdo a Martínez et al. (2009), es uno de los factores

que más se ve afectado por el estado nutricional del organismo. Además de la nutrición, la glucosa también puede verse afectada por otros factores como lo son: ambientales, especies, manejo, desarrollo, entre otros. La diferencia de los resultados obtenidos de las dietas experimentales y de los obtenidos por autores de referencia podría indicar la influencia del estado nutricional, dado por la inclusión de ingredientes no tradicionales. Sin embargo, también podría deberse la influencia de otros factores, ya que las características ambientales y de manejo fueron distintas entre este estudio y los estudios de referencia.

6.4 Proteínas totales

Los resultados de la determinación de proteína pueden observarse en el cuadro 8. En los muestreos de los 30 y 45 días no se observó diferencia significativa entre los tratamientos experimentales. Tampoco existió diferencia entre los tratamientos experimentales y el grupo control. Los valores más altos en ambos muestreos correspondieron a T2 y T3, al compararse con los valores obtenidos por Hahn von Hessberg et al. (2014).

Los resultados obtenidos por las dietas experimentales concuerdan con los obtenidos por Abdel et al. (2010), El-Hawarry (2012) y Han von Hessberg et al. (2014), quienes obtuvieron las siguientes medias: 3.18 ± 6.14 g/dl, 3.35 ± 0.47 g/dl y 3.61 ± 0.9 g/dl, respectivamente. El estudio de Demir et al. (2014) se obtuvieron valores de proteína de 5.25 y 6.10 mg/dl para tilapias alimentadas con un concentrado con una inclusión de aceite de maní de 5% y 10%, respectivamente. Estos resultados son mayores a los obtenidos por las dietas experimentales en el presente estudio.

Cuadro 8. Parámetros de proteínas totales obtenidos en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en los muestreos a los 30 días y 45 días

Tratamiento	Muestreo 30 días	Muestreo 45 días
T1 (g/dl)	3.41 ± 0.30 ^a	3.48 ± 0.30 ^A
T2 (g/dl)	3.59 ± 0.30 ^a	3.74 ± 0.31 ^A
T3 (g/dl)	3.56 ± 0.39 ^a	3.81 ± 0.31 ^A
T4 (g/dl)	3.41 ± 0.35 ^a	3.58 ± 0.44 ^A
T5 (g/dl)	3.48 ± 0.29 ^a	3.67 ± 0.38 ^A

Las medias en la misma columna con diferentes superíndices fueron significativamente distintos ($P \leq 0.05$).

Se evidenció que la inclusión de los ingredientes no tradicionales genera resultados estadísticamente iguales entre los tratamientos experimentales y al compararlos con el grupo control. Según Higuchi et al. (2011), los resultados de la medición de proteínas totales pueden indicar diferencia en el funcionamiento de los órganos y adaptación del organismo a desafíos nutricionales, fisiológicos y metabólicos, especialmente de origen nutricional. A partir de los resultados obtenidos, se observó que el efecto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales no produjo valores de proteínas totales indicativos de alguna diferencia en el organismo de la tilapia nilótica.

De la misma manera, los resultados obtenidos también estuvieron dentro de los rangos obtenidos por la mayoría de los estudios de referencia. Sin embargo, al ser comparados con el estudio de Demir et al. (2014), se puede observar que los resultados difieren. Además de ello, se observó que T2 y T3 presentaron valores ligeramente superiores al valor de referencia reportado por Hahn von Hessberg et al. (2014). Lo anterior puede deberse a una diferencia en la calidad o digestibilidad de los ingredientes no tradicionales utilizados en ambos estudios, ya que el nivel de

proteína en sangre se ve afectado significativamente por la calidad y digestibilidad de la proteína en el alimento, de acuerdo a Patriche et al. (2007).

6.5 Leucograma

Los resultados del leucograma de los muestreos de los 30 y 45 días se pueden consultar en el anexo 1 y anexo 2; los resultados de otros autores quienes realizaron estudios utilizando ingredientes no tradicionales están descritos en el anexo 3. En el estudio de Costa et al. (2014), se obtuvieron resultados de dietas experimentales utilizadas en tilapia nilótica, en las que se incluyó aceite de oliva y aceite de linaza; Adepaursi et al. (2004) utilizaron harina de haba, evaluando el efecto de la dieta en el leucograma de tilapia nilótica. Los valores del leucograma en los estudios realizados por, Tavares-Dias et al. (2000), Silva et al. (2012) y Hahn von Hessberg et al. (2014) fueron tomados en cuenta en el análisis, ya que se realizaron en tilapia nilótica en condiciones similares a las del presente estudio.

Inicialmente, no existió diferencia significativa en los resultados de granulocitos. Los valores de los tratamientos se encuentran en los rangos obtenidos por Al Khaem et al. (1994), Tavares-Dias et al. (2004), Silva et al. (2012), Costa et al. (2014) y Hahn von Hessberg et al. (2014), quienes obtuvieron resultados entre 5.2%-13.55%. Los resultados obtenidos están descritos en la Figura 1.

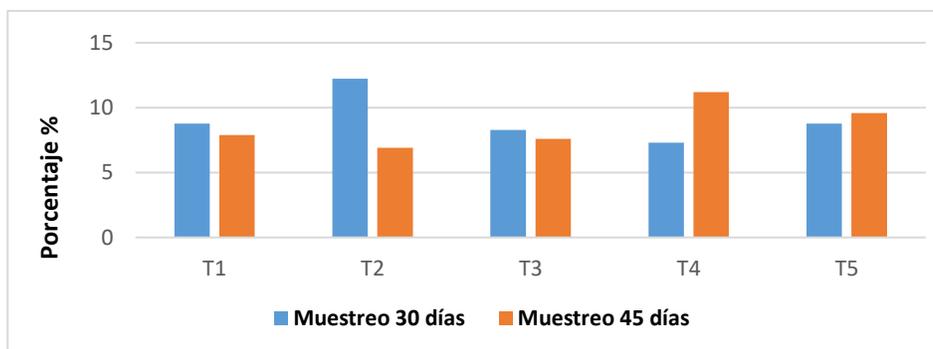


Figura 1. Porcentajes de granulocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días

Seguidamente, no se evidenció diferencia significativa entre los valores obtenidos de monocitos. Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Al Khaem et al. (1994), Tavares-Dias et al. (2004), Silva et al. (2012), Costa et al. (2014), Hahn von Hessberg et al. (2014) y Adepaurusi et al. (2014), quienes obtuvieron valores de monocitos entre 0.5%-9%. Los resultados obtenidos se muestran la Figura 2.

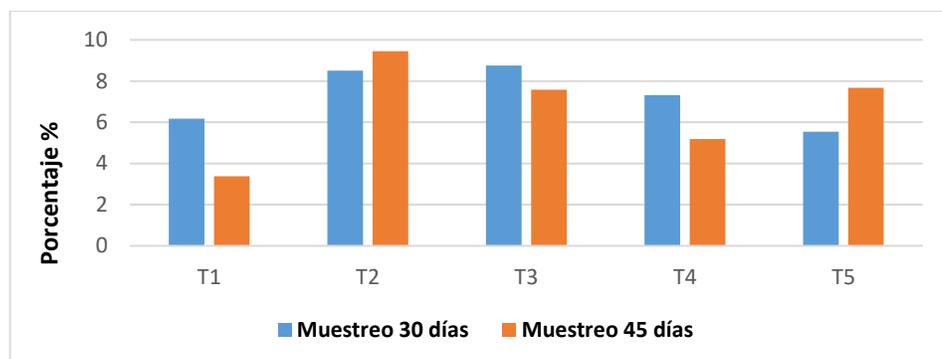


Figura 2. Porcentajes de monocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días

De la misma manera, no existió diferencia significativa entre los valores de linfocitos obtenidos en los muestreos. Los resultados de las dietas experimentales fueron similares a los obtenidos por Al Khaem et al. (1994), Tavares-Dias et al. (2004), Silva et al. (2012) y Hahn von Hessberg et al. (2014), quienes obtuvieron resultados desde 37.8% hasta 72.5%. Los resultados más cercanos fueron los obtenidos por Adeparusi & Ajayi (2004) y Costa et al. (2014). En la figura 3 se muestran los valores obtenidos.

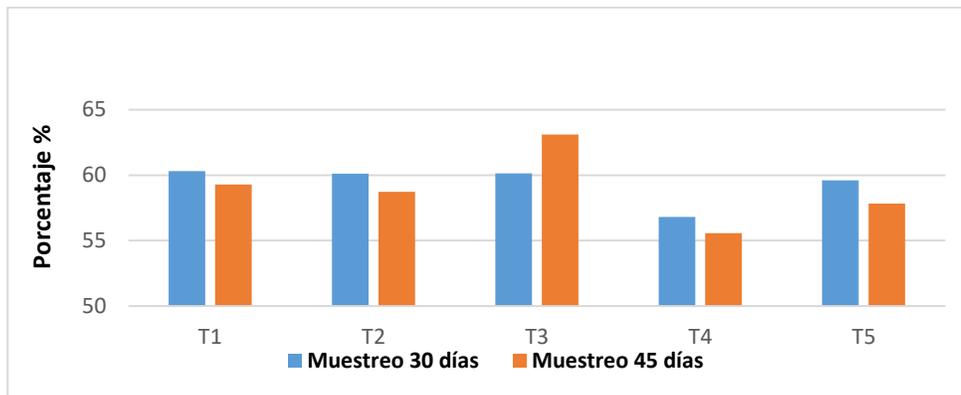


Figura 3. Porcentajes de linfocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días

Finalmente, no se registró diferencia estadística significativa entre los tratamientos experimentales en la evaluación de trombocitos. Los resultados fueron similares a los obtenidos por Costa et al. (2014) y Hahn von Hessberg et al. (2014). No así con Al Khaem et al. (1994), Tavares-Dias et al. (2004), Adepaursi et al. (2012) y Silva et al. (2012), quienes obtuvieron porcentajes más altos (43.9%-49.2%), lo cual pudo deberse a una respuesta inmune distinta provocada por estrés, alta temperatura de agua o alguna característica en el manejo y cultivo. En la figura 4 se pueden observar los valores de los tratamientos.

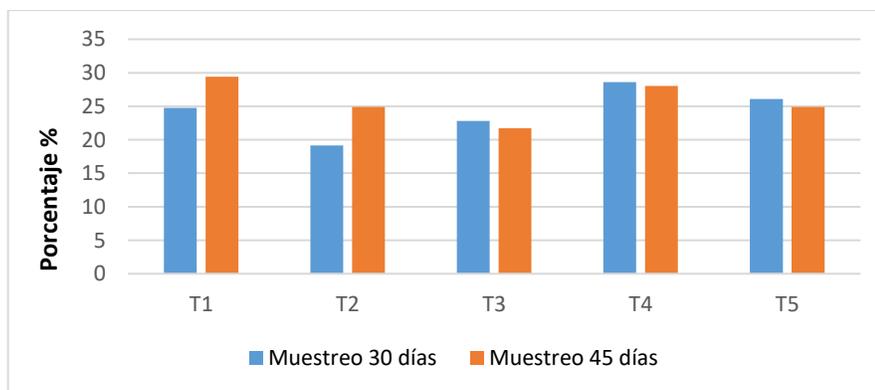


Figura 4. Porcentajes de trombocitos obtenidos en los muestreos a los 30 días y 45 días

Al observar la gráfica del leucograma, no se evidencia ningún cambio notable en ninguno de los grupos celulares evaluados. Esto se refleja en el análisis estadístico de los resultados, los cuales pueden observarse en la figura 5.

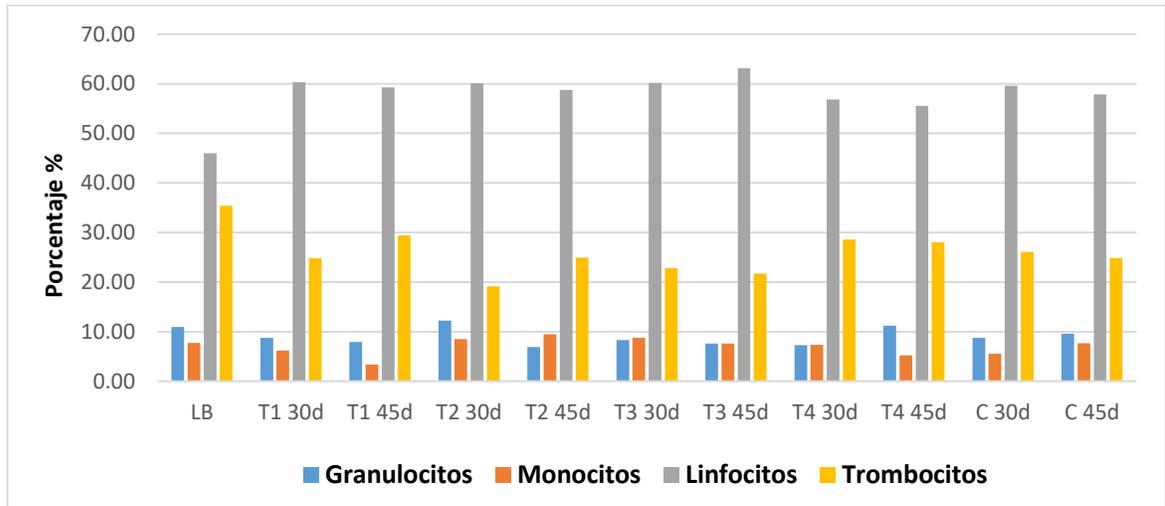


Figura 5. Comparación de porcentajes obtenidos del leucograma en los muestreos a los 30 días y 45 días

Al analizar estadísticamente los resultados del leucograma, se evidencia que los valores de los tratamientos experimentales fueron iguales entre sí. De la misma manera, no existió diferencia significativa al comparar los valores al grupo control. Esto es importante notar, ya que los valores de glóbulos blancos en peces son muy variables, incluso entre individuos en condiciones iguales, según Ighwela et al. (2012); y además, las características de los ingredientes utilizados en la dieta pueden provocar variaciones en los conteos del leucograma, según Costa et al. (2014). Al ser comparados con otros autores, se observa que los conteos de glóbulos blancos están dentro de los rangos de referencia.

Varios autores coinciden en reportar una predominancia de linfocitos en el leucograma (Al Khaem, 1994; Adeparsi y Ajayi, 2004; Costa et al., 2014; Hah von Hessberg et al., 2014), como lo encontrado en este estudio. Sin embargo, Tavares-Dias y Faustino (1998) reportan una mayor cantidad de trombocitos en el conteo, lo

cual puede deberse a una respuesta al estrés o a cambios de temperatura de los organismos estudiados.

6.6. Tratamientos

Los resultados obtenidos de T1 fueron similares a los valores de referencia. Estos resultados fueron influenciados por las propiedades nutricionales, inmunológicas y digestivas de la moringa (Rivas et al., 2012; Stadtlander et al., 2013; Franco et al., 2016), las cuales hacen suponer que la moringa es un alimento ideal para ser utilizado en la alimentación de la tilapia nilótica. De la misma manera, en las mediciones no se evidenció el efecto de factores anti-nutricionales, los cuales pueden estar presentes en la moringa, de acuerdo a Reyes Sánchez (2004).

Los resultados de T2 también fueron similares a los resultados de los estudios de referencia, lo cual coincide con lo reportado por Ogunji et al. (2006). Sin embargo, el resultado producido en el muestreo de 45 días en la determinación de glucosa pudo haberse debido a la presencia del complejo quitina-proteína en la cutícula de la mosca del Mediterráneo adulta, lo cual también explicaría el alto porcentaje de proteína (71.70%) del ingrediente. De acuerdo a Shiau y Yu (1999), este complejo es de baja digestibilidad en la tilapia, lo cual a su vez podría provocar una menor absorción de nutrientes. Esto también podría explicar los resultados obtenidos por T2 en la evaluación de parámetros productivos, donde obtuvo los resultados menos positivos.

Los resultados de T3 también estuvieron en su mayoría dentro de los rangos de referencia, lo cual coincide con lo reportado por El-Sayed & Tacon (1997) y Franco et al. (2016), quienes consideraron a la macadamia como una buena opción en la alimentación de la tilapia. Sin embargo, el resultado en el muestreo de glucosa a los 45 días, podría ser indicativo de la condición calórica del ingrediente no tradicional. La naturaleza calórica del ingrediente se ve demostrado en el análisis

bromatológico del insumo y en el balanceo de la dieta del T3. De la misma manera, Balogun & Fagbenro (1995) sugieren que la macadamia es un ingrediente con desbalance de aminoácidos, lo cual pudo haber influido el resultado.

Finalmente, los resultados de T4 estuvieron dentro de los rangos reportados por los estudios de otros autores. Las propiedades nutricionales de la harina de larva mosca del Mediterráneo, como su digestibilidad, contenido proteico y contenido calórico, puede producir una mejor digestión y absorción de los nutrientes en el organismo de la tilapia nilótica. Este resultado coincidiría con lo descrito por Sánchez et al. (2014) y Heuzé & Tran (2015), quienes concluyeron que la utilización de larva de mosca en el alimento de animales de producción no afectaba el rendimiento productivo o salud de los organismos.

6.7 Parámetros productivos

Además de los resultados obtenidos en este estudio, se obtuvieron los valores de peso promedio final, conversión alimenticia e índice de crecimiento generados por las dietas experimentales, a partir de la investigación realizada por Franco et al. (2017). Los resultados pueden consultarse en el anexo 4.

En ellos puede observarse que los resultados productivos de T1 y T4 fueron similares al grupo control, reflejando el efecto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales y sus propiedades nutricionales mencionadas. T2 obtuvo los resultados productivos más bajos, por las características nutricionales de la mosca del Mediterráneo adulta descritas anteriormente, lo cual también se reflejó en la medición de glucosa. Finalmente, T3 obtuvo el mejor resultado de conversión alimenticia, lo cual pudo deberse al alto contenido calórico del ingrediente y de la dieta.

VII. CONCLUSIONES

- En las determinaciones de hematocrito, leucograma y proteínas totales no se produjo diferencia significativa entre los tratamientos experimentales.
- En las determinaciones de hematocrito, leucograma, proteínas totales y glucosa no se produjo diferencia significativa entre los tratamientos experimentales y el grupo control.
- En la estimación de glucosa se produjo diferencia significativa entre T1 con T2 y T3 en el muestreo a los 45 días.
- La mayoría de los resultados de hematocrito, leucograma, glucosa y proteínas totales obtenidos de las dietas experimentales fueron similares a lo reportado por los estudios de referencia.
- Los resultados obtenidos de hematocrito, leucograma, glucosa y proteínas totales de la inclusión de harina de moringa (T1) y de harina de larva de mosca del Mediterráneo (T4), fueron los más parecidos a los valores obtenidos por los estudios de referencia.

VIII. RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo estudios similares con otros ingredientes no tradicionales, para ampliar el conocimiento del uso de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica.
- Evaluar el efecto de los ingredientes experimentales sobre parámetros hematológicos (Hb, VCM, HCM, entre otros) y bioquímicos complementarios (GPT, GOT, entre otros), para ampliar la información del efecto de los ingredientes sobre el organismo de la tilapia.
- Ampliar el análisis nutricional de los ingredientes y las dietas experimentales (análisis de aminoácidos, determinación de digestibilidad, composición mineral, entre otros), para poder comprender las propiedades de los alimentos y su efecto sobre el organismo de la tilapia.
- Extender el tiempo de estudio de la fase experimental para ampliar la información de los ingredientes en otras etapas de producción.
- Evaluar el efecto de la inclusión de los ingredientes no tradicionales sobre las características sensoriales de la carne de la tilapia nilótica.
- Estudiar el efecto del uso de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica sobre parámetros productivos y complementar esa información estudiando el efecto que dichos ingredientes tienen sobre otros parámetros fisiológicos en el organismo.

X. RESUMEN

El presente estudio generó información del uso de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Para ello, se elaboraron cuatro concentrados artesanales en los cuales se incluyó uno de los siguientes ingredientes no tradicionales: moringa (*Moringa oleífera*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), mosca del Mediterráneo adulta y larva de mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*). Posteriormente, se determinaron y compararon los efectos de las dietas producidos sobre los valores de hematocrito, leucograma, glucosa y proteína totales de los organismos.

Se realizó un estudio experimental con diseño totalmente al azar, con cuatro tratamientos experimentales y un grupo control. La población experimental consistió en 345 juveniles de tilapias con peso promedio de 37g (± 9.28 g), distribuidos en 15 tinacos. La fase experimental duró 30 días, y el periodo de análisis se alargó hasta los 45 días; se tomaron tres muestreos sanguíneos para obtener los valores hematológicos y bioquímicos. Para analizar proteínas totales y glucosa, los datos obtenidos fueron sometidos a la prueba de ANOVA, para determinar diferencia estadísticamente significativa entre las variables, y la prueba de Tukey, para comparar medias en caso existiera diferencia significativa. Para analizar hematocrito y leucograma, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar diferencia estadísticamente significativa entre los resultados.

En las determinaciones de hematocrito, leucograma y proteínas totales no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos experimentales. En la estimación de glucosa se encontró diferencia significativa entre T1 con T2 y T3 en el muestreo a los 45 días. Además de ello, la mayoría de los valores de los tratamientos experimentales fueron similares a lo reportado por los estudios de referencia, siendo los tratamientos con la inclusión de moringa y de larva de Mosca del mediterráneo los que más coincidieron.

SUMMARY

The present study generated information about the use of non-traditional ingredients in the feeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In order to achieve this, four artisanal diets were made, each one with one of the following non-traditional ingredients: moringa (*Moringa oleífera*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), adult Medfly, and Medfly larvae (*Ceratitis capitata*). Subsequently, the effects of the diets over the values of hemotocrit, leucogram, glucose, and total proteins of the studied organisms were determined and compared.

An experimental study with a completely random design was made, with four experimental treatments and one control group. The experimental population consisted of 345 juvenile tilapia with an average weight of 37g (\pm 9.28g), distributed in 15 water tanks. The experimental phase lasted for 30 days; the period of analysis was prolonged to 45 days. Three blood samples were taken to obtain the hematological and biochemical values. To analyze total protein and glucose, the data collected was subject to the ANOVA test, to determine significant statistical difference between the variables, and Tukey Test, to compare mathematical average in case there was significant difference. To analyze hematocrit and leucogram, the Kruskal-Wallis test was utilized, to determine significant statistical difference in the results.

In the determinations of hematocrit, leucogram and total proteins, there was no significant statistical difference between the experimental treatments. In the estimation of glucose, significant difference was found between T1 compared to T2 and T3, in the sampling at 45 days. Besides that, the majority of the values of the experimental treatments were similar to the values reported in studies used as reference, being the treatments with the inclusion of moringa and Medfly larvae the ones that coincide the most.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, M., Ahmad, M., Khattab, Y., & Shalaby, A. (2010). Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298(3-4), 267-274.
- Adeparusi, E., O & Ajayi, A., D. (2004). Hematological characteristics of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed differently processed limabean (*Phaseolus lunatus* L.) diets. *Journal of Research Science Management*, 2, 73-80
- Agrodesierto. (2006). *La Moringa*. Recuperado de <http://www.agrodesierto.com/moringa.html>
- Al Khaem, H. (1994). The toxicity of nickel and the effects of sublethal levels on haematological parameters and the behaviour of fish, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the University of Kuwait*, 21, 243-252.
- Alfaro, N., & Martínez, W. (2008). *Uso potencial de la Moringa (Moringa oleífera Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Guatemala, Guatemala: CONCYT.
- ANACAFE. (2004). *Cultivo de Macadamia*. Guatemala. Recuperado de <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/200412/33/16/Cultivo%20de%20la%20Nuez%20de%20Macadamia.pdf>
- Animal and Plant Health Inspection Service. (2015). *La Mosca de la fruta del Mediterráneo*. Recuperado de https://www.aphis.usda.gov/publications/plant_health/2015/fs_medfly_sp.pfd
- Arenal, A., Martín, L., Castillo, N., de la Torre, D., Torres, U., & González, R. (2012). Aqueous extract of *Ocimum tenuiflorum* decreases levels of blood glucose in induced hyperglycemic tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Asian Pacific Journal Of Tropical Medicine*, 5(8), 634-637.

- Balogun, A. & Fagbenro, O. (1995). Use of macadamia presscake as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*, 26(6), 371-377.
- Barandica C., & Tort B. (2008). Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. *Revista De La Académica Colombiana De Ciencias*, 32(123), 267-284.
- Barroso, F., de Haro, C., Sánchez, M., Venegas, E., Martínez, A., y Pérez, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 422-423, 193-201.
- Begum, A. (2013) *Assessment of water quality parameters of monosex tilapia (Oreochromis niloticus) ponds* (Tesis de Maestría). Bangladesh Agricultural University, Bangladesh.
- Bondari, K. & Sheppard, D. (1981). Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture*, 24, 103-109.
- Brown, L. (1993). *Aquaculture for veterinarians*. Londres, Reino Unido: Pergamon Press.
- Castro, T., de Lara, R., Castro, G., Castro, J., & Malpica, A. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos*, 48, 27-33.
- Conroy, D., & Conroy, G. (2007). *Atlas Básico de las Células Sanguíneas Normales y Anormales en Tilapias Cultivadas*. Carrickfergus, Irlanda del Norte: Patterson.
- Contreras Castro, J. (2012). Efecto sobre el rendimiento técnico de la Tilapia Nilotica Chitralada resultante de la sustitución de la dieta con Falso Girasol y Morera en la etapa de ceba. *Revista CITECSA*, 3(4), 11-22.
- Costa, D., Ferreira, M., Navarro, R., Rosa, P., & Murgas, L. (2014). Parâmetros hematológicos de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com diferentes fontes de óleo. *Revista Brasileira De Saúde E Produção Animal*, 15(3), 754-764.

- De Lira, C., Bacardí, M., & Jiménez, A. (2012). Efecto del consumo de nueces, semillas y aceites sobre marcadores bioquímicos y el peso corporal; revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 27(4), 964-970.
- Demir, O., Turker, A., Acar, U., & Kesbic, O. (2014). Effects of dietary fish oil replacement by unrefined peanut oil on the growth, serum biochemical and hematological parameters of Mozambique Tilapia juveniles (*Oreochromis mossambicus*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 887-892.
- El-Hawarry, W. (2012). Biochemical and non-specific immune parameters of healthy Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), blue tilapia (*Oreochromis aureus*) and their interspecific hybrid (male *O. aureus* x female *O. niloticus*) maintained in semi-intensive culture system. *Online Journal of Animal and Feed Research*, 2(1), 84-88.
- El-Sayed, A. (2004). Protein nutrition of farmed tilapia: searching for unconventional sources. *Proceedings Of The Sixth International Symposium On Tilapia Aquaculture*, 364-378.
- El-Sayed, A., & Tacon, A. (1997). Fishmeal replacers for tilapia: A review. En A. Tacon y B. Basurco (Eds.), *Feeding tomorrow's fish* (pp. 205-223). Zaragoza, España: CIHEAM.
- Fagbenro, O. (1993). Observations on macadamia presscake as a supplemental feed for monosex *Tilapia guineensis* (Pisces: Cichlidae). *Journal Of Aquaculture In The Tropics*, 8(1), 91-94.
- FAO. (2016a). The State of World Fisheries and Aquaculture. (pp. 80). Roma.
- FAO. (2016b). *Nile Tilapia - Nutritional requirements*. Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/affris/speciesprofiles/niletalapia/nutritionalrequirements/en/>
- FAO. (2016c). *Visión general del sector acuícola nacional: Guatemala*. Recuperado de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_guatemala/es

- FAO Fisheries and Aquaculture - *Global Statistical Collections*. (2017). Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>
- Fernández, A., de Blas, I., & Ruiz, I. (2002). El sistema inmune de los teleósteos (I): Células y órganos. *Revista Aquatic*, 16, 33-38.
- Fitzimmons, K. (Abril de 2015). Market stability: why Tilapia supply and demand have avoided the boom and bust of other commodities. Conferencia llevada a cabo en el 4th International Trade and Technical Conference and Exposition on Tilapia, Kuala Lampu, Malasia.
- Foidl, N., Mayorga, L., & Vásquez, W. (1999). *Utilización del marango (Moringa oleifera) como forraje fresco para ganado*. Recuperado de <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>
- Franco, L., Rosales, M., & Aguilar, M. (2016). *Catálogo de insumos no tradicionales -INT's- para la elaboración de alimentos para peces*. Guatemala, Guatemala: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.
- Franco, L., Aguilar, M., & Rosales, M. (2017). Evaluación de alimentos artesanales utilizando insumos no tradicionales – INT's - en balanceados para Tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Conferencia llevada a cabo en el Taller regional de intercambio de experiencias en torno a alimentos acuícolas alternativos de bajo costo para acuicultores de recursos limitados. Asunción, Paraguay.
- Gabriel, N., Qiang, J., He, J., Ma, X., Kpundeh, M. & Xu, P. (2015). Dietary Aloe vera supplementation on growth performance, some haemato-biochemical parameters and disease resistance against *Streptococcus iniae* in tilapia (GIFT). *Fish y Shellfish Immunology*, 44(2), 504-514.
- Godínez, R. (2014). *Plan director de la población de Monterrico 2015-2035 Municipio de Taxisco Departamento de Santa Rosa* (Tesis de Maestría). FARUSAC. Guatemala.

- Gullison, T., Hardner, J., Anstee, S. & Meyer, M. (2015). *Good practices for the collection of biodiversity baseline data*. Multilateral Financial Institutions.
- Guzmán, R. (2010). *Mosca del Mediterráneo Ceratitis capitata (Wiedemann): Ficha Técnica*. Estado de Mexico: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- Hahn von Hessberg, C., Quiroz, A., & Grajales, A. (2014). Caracteres hematológicos en individuos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, Trevawas 1983) con pesos entre 50-150 g y 150-250 g, Estación Psicológica, Universidad de Caldas, Colombia. *Boletín Científico de Museo de Historia Natural*, 18(1); 142-157.
- Hernández, J., Jiménez, M., Montejó, G., & Carrillo, L. (2013). *Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de Tilapia*. Estado de México, México: SAGARPA.
- Heuzé, V., & Tran, G. (2015). *Housefly maggot meal*. Recuperado de <http://www.feedipedia.org/node/671>
- Higuchi, L., Feiden, A., Maluf, M., Dallagnol, J., Zaminhan, M., & Boscolo, W. (2011). Avaliação eritrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos à dieta com diferentes níveis protéicos e energéticos. *Ciência Animal Brasileira*, 12(1), 70-75.
- Hrubec, T., Cardinale, J. & Smith, S. (2000). Hematology and Plasma Chemistry Reference Intervals for Cultured Tilapia (*Oreochromis Hybrid*). *Veterinary Clinical Pathology*, 29(1), 7-12.
- Huet, M. (1998). *Tratado de piscicultura*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Ighwela, K., Ahmad, A., & Abol-Munafi, A. (2012). Haematological changes in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with varying dietary maltose levels. *World Journal Of Fish And Marine Sciences*, 4(4), 376-381.
- Ishikawa, N., Ranzani, M., Lombardi, J. & Ferreira, C. (2007). Hematological parameters in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* exposed to sub-lethal

- concentrations of mercury. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(4), 619-626.
- Jimoh, W., Shittu, M., Ayeloja, A., Ajasin, F., Okemakin, F., Abdusalami, S., & Adekunle, O. (2015). Some haematological and biochemical profile of blood of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on diets containing watermelon (*Citrullus lanatus*) seedmeal. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(1), 109-114.
- Laboratorios Wiener. (2000). *Proteínas Totales AA*. Wiener Lab. Recuperado de <http://www.wiener-lab.com.ar/ES/SitePages/Vademecum.aspx?categoria=000100001ypais=Guatemala#Categoria>
- Laboratorios Wiener. (2000) *Glicemia*. Wiener Lab. Recuperado de http://www.wiener-lab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/glicemia_enzimatica_aa_liquida_sp.pdf
- Li, Y., Bordinhon, A., Allen, D., Zhang, W., & Zhu, X. (2012). Protein: energy ratio in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture International*, 21(5), 1109-1119.
- Llanes, J., Toledo, J., Fernández, I., & Lazo de la Vega, J. (2006). Nutrición y alimentación de Tilapias. *Revista ACPA*, (4), 51-54.
- Lucas, J., & Southgate, P. (2012). *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. New Jersey, Estados Unidos: Wiley-Blackwell.
- Madalla, N., Ally, T., & Chenyambuga, S. (2014). Evaluation of housefly (*Musca domestica*) maggot meal as protein source in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. Presentación, Tazania.
- Marroquín, C., & García, J. (2016). *Aplicación de inmestimulantes de origen natural en el cultivo de tilapia para la prevención de Estreptococosis en Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 44-47.
- Martínez, M., Martínez, L., & Ramos, R. (2009). Cortisol and glucose: Reliable indicators of fish stress? *Pan-American Journal Of Aquatic Sciences*, 4(2), 166.

- Mehrim, A. (2014). Physiological, biochemical and histometric responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) by dietary organic chromium (chromium picolinate) supplementation. *Journal of Advanced Research*, 5(3), 303-310.
- Montoya, A., & Osorio, D. (2010). *Evaluación físico-química y microbiológica de la torta de Macadamia (integrifolia y tetraphylla), para su potencial uso en la industria* (Tesis de Tecnólogo). Universidad Tecnológica de Pereira: Pereira, Colombia.
- MOSCAMED (2010) Programa MOSCAMED en Guatemala: Mosca del Mediterráneo. Recuperado de http://moscamed-guatemala.org.gt/?page_id=303ysec=Inicio
- Musita, A., Owiti, D., Balirwa, J., & Otieno, A. (2015). Peanut-based diets and growth performance of pond-cultured Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus* L.) at Busoga University farm, Eastern Uganda. *International Journal Of Fisheries And Aquatic Studies*, 2(6), 306-312.
- Ogunji, J., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., & Rennert, B. (2006). Housefly maggot meal (Magleal): an emerging substitute of fishmeal in tilapia diets. *Conference on International Agricultural Research for Development*. Stuttgart-Hohenheim.
- Ogunji, J., Kloas, W., Wirth, M., Schultz, C., & Rennert, B. (2008). Housefly maggot meal (Magleal) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Asian Fisheries Society*, 21, 319-331.
- Olabuenaga, S. (2000). SISTEMA INMUNE EN PECES. *Revista Gayana (Concepción)*, 64(2), 205-215.
- Orwa, C., Kindt, R., Jamnadass, R., y Anthony, S. (2009). *Macadamia*. Recuperado de http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Macadamia_integrifolia.pdf
- Patriche, T., Patriche, N., & Tenciu, M. (2009). Cyprinids total blood proteins determination. *Zootehnie Şi Biotehnologii*, 42(2), 95-100.

- Penagos, G., Barato, P., & Iregui, C. (2009). Sistema inmune y vacunación de peces. *Acta Biológica Colombiana*, 14(1), 3-24.
- Phosa, M. (2009). *The nutritive value of macadamia oil cake meal and wood ash as alternative feed ingredients for chickens in rural áreas* (Tesis de Maestría). Universidad de Pretoria, Pretoria, Sudáfrica.
- Poot, C., Novelo, R., & Hernández, M. (2009). *ABC en el cultivo integral de Tilapia*. Campeche, Mexico: CETMAR-FUPROCAM.
- Porras, L., & Lecuona, R. (2008). Estudios de laboratorio para el control de *Ceratitis capitata* (Wiedmann) (Diptera:Tephritidae) (Mosca del mediterráneo) con *Beauveria bassiana*. *Agronomía Costarricense*, 32(2), 119-128.
- Price, M. (2007). *The Moringa Tree*. Florida, Estados Unidos: ECHO.
- Rengel, A., Pérez, E., Piombo, G., Ricci, J., Servent, A., & Tapia, M. et al. (2015). Lipid Profile and Antioxidant Activity of Macadamia Nuts (*Macadamia integrifolia*) Cultivated in Venezuela. *Natural Science*, 7(12), 535-547.
- Reyes, N. (2004). Marango: Cultivo y utilización en la alimentación animal. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Richter, N., Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217(1-4), 599-611.
- Rivas, M., López, J., Miranda, A., & Sandoval, M. (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, H., Daza, P., & Carrillo, M. (2001). *Fundamentos de acuicultura continental*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

- Rubio, M. (2010). Inmunología de los peces óseos. Revisión. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 1(1), 47-57.
- Salazar, L. (2006). *Propuesta para el diseño de un modelo lineal de producción de derivados de la nuez de macadamia, de la Finca Valhalla Experimental Station, en el municipio San Miguel Dueñas, departamento de Sacatepéquez* (Tesis de Licenciatura). FAUSAC, Guatemala, Guatemala
- Salazar, R., Romero, Z., & Centeno, L. (2012). Caracterización morfológica y citoquímica de leucocitos del pez dulceacuícola *Colossoma macropomum* (CHARACIFORMES: CHARACIDAE). *SABER*, 24(1), 49-55.
- Sánchez, M., Barroso, F., & Manzano, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal Of Cleaner Production*, 65, 16-27.
- Segura, M. (2014). *Composición bromatológica Hermetia illucens* (Tesis de Licenciatura). Universidad de Almería, Almería, España.
- Shiau, S., & Yu, Y. (1999). Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*, 179(1-4) 439-446.
- Silva, R., Rocha, L., Fortes, B., Vierira, D. & Fioravanti, M. (2012). Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 32(1): 99-107.
- Stadtlander, T., Sander, C., Kumar, V., Makkar, H., & Becker, K. (2013). Effects of *Moringa oleifera* Lam. dietary seed protein extracts on growth, nutrient utilization and blood parameters in common carp (*Cyprinus carpio*, L.) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.). *Planta Medica*, 79. Abstract recuperado de <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0033-1352329>
- Standley, P., & Steyermark, J. (1946). *Flora of Guatemala*. Chicago, USA: Chicago Natural History Museum.

- Tavares-Dias, M., Canello S., Laterca, M., Damari, S., Ruas, M., & Perecin, D. (1999). I. Parameters of *Leporinus macrocephalus* Garavelo and Britski, 1988 (Anostomidae) and *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Characidae). *Acta Scientiarum*, 21(2), 340, 341.
- Tavares-Dias, M., & Faustino, C. (1998). Parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) em cultivo extensivo. *Ars. Vet.* 14(3), 254-263.
- Tavares-Dias, M., & Ragonha, S. (2009). A review of the blood coagulation system of fish. *Brazilian Journal Of Biosciences*, 7(2), 205.
- Tavares-Dias, M., Schalch, S., Silva, E., Martins M., & Moraes, F. (2000) Características Hematológicas de *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) cultivada intensivamente em “Pesque-Pague” do município de Franca, Sao Paulo, Brasil. *Ars Veterinaria*. 16, 76-82.
- Torrance, A. (2012). Revisión de las técnicas de diagnóstico en hematología. En E. Villiers y L. Blackwood (Eds.), *Manual de diagnóstico de laboratorio en pequeños animales* (pp. 3-10). Madrid, España: Lexus.
- Torres-Novoa, D. & Hurtado-Nery, V. (2012). Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Orinoquia*, 16(1), 63-68.
- Valdéz, J. (2012). *Moringa oleifera* en la alimentación animal. *Zoovaldez*. Recuperado de <http://zoovaldez.blogspot.com/?view=clas sic>.
- van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Roma, Italia: FAO.
- Vásquez, W., Hernández, G., Gutierrez, M., & Yossa, M. (2012). Efecto del nivel de proteína dietaria sobre el crecimiento y parámetros séricos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 25, 450.

- Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Iakemond, C., Ottevanger, E., Bosch, G., & van Boekel, M. (2012). *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Wedemeyer, G. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. New York, Estados Unidos: Springer.
- Yasutake, W., & Wales, J. (1983). *Microscopic Anatomy of Salmonids: an Atlas*. Washington D.C., Estados Unidos: U.S. Fish and Wildlife Services.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Leucograma de muestreo de 30 días

	Granulocitos %	Monocitos %	Linfocitos %	Trombocitos %
T1	8.76	6.17	60.3	24.77
T2	12.24	8.5	60.11	19.15
T3	8.28	8.76	60.14	22.82
T4	7.3	7.31	56.81	28.58
T5	8.78	5.54	59.6	26.07

Anexo 2. Leucograma de muestreo de 45 días

	Granulocitos %	Monocitos %	Linfocitos %	Trombocitos %
T1	7.9	3.38	59.29	29.43
T2	6.91	9.45	58.73	24.91
T3	7.59	7.58	63.11	21.73
T4	11.19	5.19	55.57	28.04
T5	9.59	7.67	57.84	24.89

Anexo 3. Leucograma obtenidos por otros autores

	Granulocitos %	Monocitos %	Linfocitos %	Trombocitos %
Costa et al. (2014): -				
Aceite de linaza	6.8	0.6	72.3	20.3
- Aceite de oliva	6.6	0.5	69.8	23.1
Adeparusi & Ajayi (2004)	22.5	2.5	72.5	-
Hahn von Hessberg et al. (2014)	12	9	53	26
Silva et al. (2012)	13.55	4.9	37.8	43.9
Tavares-Dias et al. (2000)	10.7	4	40	49.2
Al Khaem (1994)	5.2	2.6	50.0	48.2

Anexo 4. Parámetros productivos de los tratamientos experimentales

	Peso promedio final (g)	Conversión alimenticia (CA)	Índice de crecimiento (SGR)
T1	68.08	1.17	107.33
T2	62.41	1.34	90.50
T3	70.65	1.08	118.80
T4	75.72	1.01	132.73
T5	65.54	1.29	99.20

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

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES NO
TRADICIONALES EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA
NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) SOBRE PARÁMETROS
HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICA SANGUÍNEA**

f. _____
Esteban Marroquín Arroyave

f. _____
Dr. Hugo Rene Pérez Noriega
ASESOR PRINCIPAL

f. _____
M.Sc. Josué Rodolfo García Pérez
ASESOR

f. _____
M.Sc. Héctor Eduardo Fuentes Rousselin
EVALUADOR

IMPRÍMASE

f. _____
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO