



Efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea Mays L*) en el cultivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el subtrópico occidental ecuatoriano

Villavicencio Bastidas, Juan Manuel

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

30 de enero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea Mays L*) en el cultivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el subtrópico occidental ecuatoriano**, fue realizado por el señor: **Villavicencio Bastidas, Juan Manuel**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de enero de 2023



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C. C. 1709998163

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

28/1/23, 7:22

JUAN MANUEL VILLAVICENCIO BASTIDAS - Documento sin título

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Titulación 202251

NOMBRE DEL ALUMNO

JUAN MANUEL VILLAVICENCIO BASTIDAS

NOMBRE DEL ARCHIVO

JUAN MANUEL VILLAVICENCIO BASTIDAS - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME

28 ene 2023

Resumen

| | | |
|--------------------------------------|---|-------|
| Fragmentos marcados | 5 | 0,4 % |
| Fragmentos citados o entrecomillados | 4 | 0,5 % |

Coincidencias de la Web

| | | |
|-----------------|---|-------|
| scielo.cl | 2 | 0,2 % |
| scielo.org.ar | 2 | 0,2 % |
| uta.edu.ec | 2 | 0,1 % |
| otca.org | 1 | 0,1 % |
| imbiomed.com.mx | 1 | 0,1 % |
| scielo.org.pe | 1 | 0,1 % |



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph. D.

C.C.: 1709998163



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Villavicencio Bastidas, Juan Manuel**, con cédula de ciudadanía No.1723924450, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea Mays L*) en el cultivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el subtrópico occidental ecuatoriano**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de enero del 2023

.....

Villavicencio Bastidas, Juan Manuel

C.C.: 1723924450



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Villavicencio Bastidas, Juan Manuel**, con cédula de ciudadanía No. 1723904450 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea Mays L*) en el cultivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el subtrópico occidental ecuatoriano**. en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 30 de enero del 2023

Villavicencio Bastidas, Juan Manuel

C.C.: 1723924450

Dedicatoria

A Dios, por brindarme salud, guiarme en mi camino y darme la fuerza para cumplir mis metas en mi vida profesional.

A mis padres Marco Villavicencio, Ligia Bastidas y hermana Nathalie Villavicencio por siempre brindarme su apoyo incondicional, consejos, enseñanzas, cariño y amor. Gracias a su apoyo he logrado cumplir con mis metas.

A mis Abuelitos, tías y primitos quienes con su apoyo incondicional su alegría día a día me impulsó a siempre ser mejor y luchar por mis sueños.

A mi novia Paula Camacho quien me acompañó a lo largo de mi carrera universitaria brindándome siempre su apoyo.

A mis amigos que me acompañaron a lo largo de mi carrera universitaria, con los que hemos pasado muchos momentos buenos y malos.

Juan Manuel Villavicencio Bastidas

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por acogerme a lo largo de mi vida universitaria, por los conocimientos y valores impartidos para poder crecer profesionalmente estaré eternamente agradecido con mi querido IASA.

Al Dr. Juan Ortiz por sus enseñanzas, consejos y observaciones a lo largo de mi trabajo de titulación.

A la Ing. Daysi Muñoz y al Licenciado Taco, por brindarme su guía durante las fases de laboratorio en mi trabajo de titulación.

Especialmente al centro piscícola de Nanegal, al Ingeniero Miguel Anasi y a los trabajadores del centro piscícola, Don Daniel, Pablo, Galo y Doña Lolita, Luis, Bolívar, Suco y Mauro por su ayuda y sus enseñanzas principalmente por prestarme sus instalaciones.

A mis Padres por siempre acompañarme y por siempre esforzarse para que cumpla mis sueños gracias por su apoyo incondicional y su amor los amo mucho. A mi hermana por siempre brindarme una mano, por siempre estar ahí en especial a toda mi familia por siempre alentarme a cumplir mis sueños y apoyarme en los peores momentos para culminar con este proceso.

A mi novia Paula Camacho por siempre impulsarme a ser alguien mejor a nunca rendirme y siempre dar lo mejor de mí. Te amo

Finalmente, a mis amigos, Alex y Kevin; quienes con su apoyo y alegría hicieron más ameno mi trascurso en la universidad y a mis mejores amigos Esteban, Andrés quienes siempre estuvieron ahí para ayudarme y aconsejarme sin importar las circunstancias.

Índice de contenidos

| | |
|---|----|
| Carátula | 1 |
| Certificación | 2 |
| Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos ... | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Índice de contenidos | 8 |
| Índice de tablas | 13 |
| Índice de figuras | 13 |
| Resumen | 16 |
| Abstract | 17 |
| CAPÍTULO I | 18 |
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| Antecedentes | 18 |
| Justificación..... | 19 |
| Objetivos | 21 |
| General..... | 21 |
| Específicos | 21 |

| | |
|---|-----------|
| Hipótesis | 21 |
| CAPÍTULO II..... | 22 |
| MARCO REFERENCIAL..... | 22 |
| Cultivo de Tilapia..... | 22 |
| <i>Generalidades.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Parámetros ambientales.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Nutrición de tilapia.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Taxonomía.....</i> | <i>26</i> |
| Sistema inmune..... | 26 |
| Inmunoestimulantes | 27 |
| Estrés en Tilapia | 27 |
| <i>Tipos de estrés.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Estrés agudo.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Estrés crónico.....</i> | <i>27</i> |
| Maíz morado | 28 |
| <i>Generalidades.....</i> | <i>28</i> |
| Polifenoles..... | 29 |
| Antocianinas..... | 29 |
| <i>Ruta de las antocianinas.....</i> | <i>29</i> |
| <i>Antocianinas en el Maíz Morado</i> | <i>30</i> |
| Efecto Antioxidante | 30 |
| Efecto Inmunoestimulante | 30 |
| CAPÍTULO III..... | 31 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Ubicación política | 31 |
| Ubicación geográfica..... | 31 |
| Extracción de Antocianinas..... | 32 |
| Cuantificación de Antocianinas..... | 33 |
| Bioensayo de toxicidad de antocianinas en artemia salina | 34 |
| Instalación del ensayo..... | 35 |
| Manejo del cultivo de Tilapia..... | 36 |
| Preparación de tratamientos..... | 37 |
| Variables a medir | 37 |
| <i>Análisis de nitrito nitrato y amonio del agua</i> | 37 |
| <i>Análisis fisicoquímico del agua</i> | 39 |
| Diseño experimental | 40 |
| Factores..... | 41 |
| Tratamientos | 41 |
| Croquis experimental | 41 |
| Análisis estadístico..... | 42 |
| Evaluación de variables en campo | 42 |
| Variables productivas..... | 43 |
| Variables Hematológicas | 44 |
| <i>Toma de muestras</i> | 44 |
| Evaluación de variables en laboratorio..... | 45 |
| <i>Hematocrito</i> | 45 |
| <i>Glucosa</i> | 46 |
| <i>Proteínas totales</i> | 46 |
| <i>Albumina</i> | 47 |
| <i>Conteo de glóbulos rojos</i> | 48 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Conteo de glóbulos blancos</i> | 48 |
| <i>Morfología</i> | 49 |
| <i>Evaluación de cortes histológicos</i> | 50 |
| Análisis Estadístico | 50 |
| CAPÍTULO IV | 51 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 51 |
| Resultados | 51 |
| Bioensayo de toxicidad de Antocianinas en Artemia Salina | 51 |
| Cuantificación de antocianinas | 52 |
| Condiciones fisicoquímicas del agua | 53 |
| Parámetros Morfométricos..... | 55 |
| Parámetros Productivos..... | 63 |
| <i>Mortalidad</i> | 68 |
| <i>Supervivencia</i> | 69 |
| Parámetros Hematológicas..... | 69 |
| <i>Hematocrito</i> | 69 |
| <i>Proteína Total</i> | 71 |
| <i>Albumina</i> | 72 |
| <i>Glucosa</i> | 74 |
| <i>Conteo de Glóbulos Rojos</i> | 75 |
| <i>Conteo de Glóbulos Blancos</i> | 76 |
| <i>Relación Longitud de la Tilapia vs Longitud del intestino</i> | 78 |
| Parámetros histológicos..... | 78 |
| <i>Tejido Intestinal</i> | 78 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO V | 84 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 84 |
| Conclusiones..... | 84 |
| Recomendaciones | 85 |
| Bibliografía | 86 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Requerimientos nutricionales para la producción de tilapia (Oreochromis sp)</i> | 24 |
| Tabla 2 <i>Tabla de alimentación para la producción de tilapia (Oreochromis sp.)</i> | 24 |
| Tabla 3 <i>Tabla de requerimientos óptimos de vitaminas y minerales para la producción de tilapia (Oreochromis sp.)</i> | 25 |
| Tabla 4 <i>Composición bioquímica por cada 100 gramos de Maíz morado (Zea mays L)</i> | 28 |
| Tabla 5 <i>Descripción de los tratamientos</i> | 41 |
| Tabla 6 <i>Clasificación de toxicidad según CYTED</i> | 51 |
| Tabla 7 <i>Media ± desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua</i> | 53 |
| Tabla 8 <i>Media ± Desviación Estándar, F y p-valor del Peso (g), Largo total (cm), Largo parcial (cm), Ancho (cm)</i> | 55 |
| Tabla 9 <i>Media ± Desviación Estándar, F y p-valor del FCA, ECA (%), TCE (%)</i> | 63 |
| Tabla 10 <i>Media ± Desviación Estándar, F y p-valor del GP(g), ICC</i> | 66 |
| Tabla 11 <i>Promedio ± desviación estándar del porcentaje de hematocrito</i> | 70 |
| Tabla 12 <i>Promedio ± desviación estándar de Proteína total (g/dL)</i> | 71 |
| Tabla 13 <i>Promedio ± desviación estándar de Albumina (g/dL)</i> | 73 |
| Tabla 14 <i>Promedio ± desviación estándar de Glucosa (g/dL)</i> | 74 |
| Tabla 15 <i>Promedio ± desviación estándar del porcentaje de RBC (cél x 10⁶. µL⁻¹)</i> | 75 |
| Tabla 16 <i>Promedio ± desviación estándar del porcentaje de WBC (cél x 10⁴. µL⁻¹)</i> | 77 |
| Tabla 17 <i>Promedio longitud del pez vs longitud del intestino</i> | 78 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Visión satelital del área de estudio</i> | 31 |
| Figura 2 <i>Extracción y Obtención de antocianinas</i> | 32 |
| Figura 3 <i>Extracción y Obtención de antocianinas</i> | 34 |
| Figura 4 <i>Bioensayo de toxicidad con antocianinas</i> | 35 |
| Figura 5 <i>Instalación del proyecto</i> | 36 |
| Figura 6 <i>Instalación del proyecto</i> | 36 |
| Figura 7 <i>Inclusión de antocianinas al alimento</i> | 37 |
| Figura 8 <i>Análisis de agua</i> | 39 |
| Figura 9 <i>Análisis de agua</i> | 40 |
| Figura 10 <i>Croquis del diseño experimental</i> | 41 |
| Figura 11 <i>Medición de parámetros morfométricos en tilapias</i> | 42 |
| Figura 12 <i>Extracción de sangre de tilapias</i> | 45 |
| Figura 13 <i>Hematocrito</i> | 45 |
| Figura 14 <i>Muestras para análisis de glucosa</i> | 46 |
| Figura 15 <i>Muestras para análisis de Proteínas totales</i> | 47 |
| Figura 16 <i>Muestras para análisis de Albumina</i> | 48 |
| Figura 17 <i>Glóbulos blancos en el microscopio</i> | 49 |
| Figura 18 <i>Frotis sanguíneo</i> | 49 |
| Figura 19 <i>Corte Histológico</i> | 50 |
| Figura 20 <i>Media \pm Desviación Estándar del Peso (g), Largo total(cm), Largo parcial(cm) y Ancho(cm)</i> | 58 |
| Figura 21 <i>Regresión lineal de segundo grado en la fase de campo de la variable peso para los diferentes tratamientos.</i> | 59 |
| Figura 22 <i>Tasa de mortalidad acumulada (%) de (Oreochromis sp), para los distintos tratamientos al culminar la experimentación</i> | 68 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 <i>Comportamiento de la tasa de supervivencia (%) de (Oreochromis sp)</i> | 69 |
| Figura 24 <i>Promedio ± desviación estándar del porcentaje de hematocrito</i> | 70 |
| Figura 25 <i>Promedio ± desviación estándar de Proteína total (g/dL)</i> | 72 |
| Figura 26 <i>Promedio ± desviación estándar de Albumina (g/dL)</i> | 73 |
| Figura 27 <i>Promedio ± desviación estándar de Glucosa (g/dL)</i> | 74 |
| Figura 28 <i>Promedio ± desviación estándar del porcentaje de RBC (cél x 10⁶. µL-1)</i> | 76 |
| Tabla 29 <i>Cortes histológicos del tejido intestinal de Tilapia roja híbrida Oreochromis sp. bajo el efecto de inclusión de antocianinas y diferentes cargas animales</i> | 79 |
| Figura 30 <i>Matriz de Correlación entre variables morfométricas, productivas y hematológicas.</i> | 82 |

Resumen

Las antocianinas provenientes del maíz morado (*Zea mays L*) son bio compuestos, provenientes de los metabolitos secundarios, que presentan propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias e inmunoestimulantes. Los balanceados en la actualidad carecen de compuestos que promuevan el bienestar animal, la visión de la acuicultura a futuro es tener alimentos funcionales evitando el uso de agroquímicos. El presente estudio evaluó la inclusión de antocianinas provenientes del maíz morado (*Zea mays L*) en la dieta de juveniles de tilapia roja hibrida (*Oreochromis sp*) con diferente carga animal. Durante 90 días se utilizaron 675 juveniles de tilapia de ($4g \pm 0.2 g$), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en 18 unidades experimentales, 6 unidades experimentales por piscina, cada piscina conto con 6 tratamientos: T1 y T2 (0% de inclusión de antocianinas), T3 y T4 (3% de inclusión de antocianinas) y T5 y T6 (5% de inclusión de antocianinas), T1, T3, T5 con 30 tilapias/m³ y T2, T4, T6 con 45 tilapias/m³. Se analizaron las variables morfométricas, productivas y hematológicas cada 10 días. El tratamiento T4 presentó los mejores resultados en las variables peso $72 \pm 2.52g$, acho $5.20 \pm 0.23cm$, FCA 1.24 ± 0.30 , ECA $85.14 \pm 0.22\%$, GP $2.04 \pm 0.55g$, ICC 2.14 ± 0.25 , mortalidad 4.04%, mientras que las variables hematológicas el tratamiento T2 con 0% de inclusión de antocianinas y 45 juveniles/ Jaula, presentó los niveles más altos de glucosa, glóbulos blancos y hematocrito evidenciando la presencia de estrés por la alta carga animal. La histología mostros pliegues más grandes en el tratamiento T4 evidenciando que fue el tratamiento con mayor absorción de nutrientes y por consiguiente el que mejores resultados presentó.

Palabras clave: Maíz morado (*Zea mays L*), Tilapia roja hibrida (*Oreochromis sp*), antocianinas, antioxidantes, inmunoestimulantes.

Abstract

Anthocyanins from purple corn (*Zea mays L*) are bio-compounds, from secondary metabolites, which have antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and immunostimulant properties. The balanced currently lack compounds that promote animal welfare, the vision of aquaculture in the future is to have functional foods avoiding the use of agrochemicals. The present study evaluated the inclusion of anthocyanins from purple maize (*Zea mays L*) in the diet of juvenile hybrid red tilapia (*Oreochromis sp*) with different animal load. During 90 days, 675 juvenile tilapia DE ($4G \pm 0.2$ g) were used, which were randomly distributed in 18 experimental units, 6 experimental units per pool, each pool had 6 treatments: T1 and T2 (0% inclusion of anthocyanins), T3 and T4 (3% inclusion of anthocyanins) and T5 and T6 (5% inclusion of anthocyanins), T1, T3, T5 with 30 tilapias/m³ and T2, T4, T6 with 45 tilapias/m³. Morphometric, productive and hematological variables were analyzed every 10 days. Treatment T4 presented the best results in the variables weight 72 ± 2.52 g, wide 5.20 ± 0.23 cm, FCA 1.24 ± 0.30 , RCT $85.14 \pm 0.22\%$, GP 2.04 ± 0.55 g, ICC 2.14 ± 0.25 , mortality 4.04%, While the hematological variables treatment T2 with 0% inclusion of anthocyanins and 45 juveniles/ cage, presented the highest levels of glucose, white blood cells and hematocrit evidencing the presence of stress due to high animal load. Histology showed larger folds in treatment T4 showing that it was the treatment with greater absorption of nutrients and therefore the one with better results.

Keywords: Purple corn (*Zea mays L*), hybrid red tilapia (*Oreochromis sp*), anthocyanins, antioxidants, immunostimulants.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La acuicultura en las últimas décadas se ha convertido en el segundo mayor productor de suministro pesquero, llegando a producir un 47% del pescado consumido por el ser humano. A partir del año 2016 la pesca de captura empieza a disminuir sus rendimientos, frente a un creciente aumento en la demanda mundial, Organización para la agricultura y alimentación, FAO (2018).

En Ecuador el cultivo de Tilapia nace como un negocio rentable a partir del año en 1999 e inicios del 2000 según Banco Central del Ecuador (2021) Como consecuencia de la aparición del virus de la mancha blanca, el cual afecto gravemente a la producción del camarón, dejando mucha infraestructura inutilizada, las cuales fueron modificadas para dar lugar a nuevas granjas de Tilapia en estanques de tierra, Delfini (2016).

El desarrollo de la Tilapia roja (*Oreochromis* sp) como híbrido ha permitido obtener marcadas ventajas gracias a sus características biológicas, en comparación de otras especies de Tilapia, por ejemplo, presenta un mayor porcentaje de masa muscular, filetes de mayor tamaño, crecimiento en menor período de tiempo, gran adaptabilidad y mejor textura y coloración de la carne. Es por esto que se ha convertido en la segunda especie más cultivada y comercializada a nivel mundial después de la Carpa japonesa, pronosticándose para el 2025 como la primera especie más cultivada, llegando a representar un 60% de la producción acuícola mundial, Yan *et al.* (2021)

El cultivo de Tilapia en los últimos años ha ido aumentando considerablemente en Ecuador, concentrándose la mayor parte de la producción en las provincias de Guayas, los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, sin embargo, también se observa cultivos en la región Amazónica y Sierra, Luzón *et al.* (2021). Según Banco Central del Ecuador (2021) las

exportaciones de Tilapia disminuirán a partir del año 2016, debido a competidores asiáticos que ofrecen su producto a menor precio.

El Maíz morado (*Zea mays L*) es una variedad característica de los valles andinos, en Ecuador a partir del 2006 se han desarrollado trabajos de mejoramientos genético por parte del INIAP, encargado de realizar colectas de las diferentes provincias de la sierra llegando a obtener un total de 65 colectas, las cuales fueron mejoradas mediante el método de mejoramiento poblacional, medios hermanos y modalidad familias mazorca por surco. En el año 2016 fruto de toda esta investigación se determina que la variedad INIAP- 199 "Racimo de uva" presenta las mejores características y el mayor rendimiento siendo la variedad seleccionada por la Estación Experimental Santa Catalina en su programa de producción de semillas, Yáñez G. *et al.* (2016)

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de Maíz morado (*Zea mays L*) en juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), bajo diferentes densidades de carga animal, en el subtrópico accidental ecuatoriano.

Justificación

La producción del cultivo de Tilapia roja Híbrida (*Oreochromis sp*) ha aumentado en el Ecuador, principalmente porque su tonalidad de filete que lo hace muy apetecible por su similitud al Salmón, pero este color puede variar cuando la temperatura ambiental disminuye, Wang *et al.* (2019). Los balanceados tradicionales se caracterizan por usar colorantes artificiales que pueden ser perjudiciales para la salud del consumidor, es por esto que gracias al uso de las antocianinas presentes en el Maíz morado (*Zea mays L*) se mejorara la tonalidad de la piel.

El uso de productos naturales se ha intensificado en la acuicultura con el fin de promover el bienestar animal, las antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea mays L*) nacen como una alternativa en los sistemas de producción semi-intensivos e intensivos en etapa juvenil, con el fin de combatir el estrés generado por confinamiento mejorando la calidad de vida y el producto final y otorgando un producto de excelencia.

La acuicultura ha tenido un notable crecimiento en los últimos años, lamentablemente muchas de estas prácticas han generado un uso excesivo de antibióticos generando efectos negativos como la resistencia de bacterias, la inmunosupresión, contaminación ambiental y acumulación de residuos químicos en el pez, Lizárraga (2018).

Es por esto que se ha generado un interés en el uso de extractos de plantas aprovechando sus metabolitos secundarios, las moléculas bioactivas como es el caso de las antocianinas, que presentan propiedades antioxidantes, inmunoestimulantes que mejoran la resistencia a las enfermedades además se caracterizan por su fácil disponibilidad, por su bajo costo y porque presentan biocompatibilidad con muchas especies de peces, Siddik *et al.* (2021).

En el país no se ha evidenciado el uso de antocianinas provenientes del maíz morado (*Zea mays L*), como inmunoestimuladores y antioxidante. Por esta razón se plantea su inclusión en la dieta de juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), bajo diferentes densidades de carga animal, para demostrar su factibilidad en cuanto a rendimiento y producción con el fin de mejorar la calidad y el bienestar tanto de la Tilapia roja (*Oreochromis sp*) como de su consumidor.

Objetivos

General

Evaluar el efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea mays L*) en juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), bajo diferentes densidades de carga animal.

Específicos

Evaluar el efecto de tres dosis de antocianinas procedentes del extracto de maíz morado sobre los parámetros morfométricos de la Tilapia roja bajo diferentes densidades de carga animal.

Analizar el efecto de tres dosis de antocianinas procedentes del extracto de maíz morado sobre los parámetros productivos de la Tilapia roja con diferentes densidades de carga animal.

Valorar el efecto de bienestar animal a través del Perfil Hematológico de la Tilapia roja expuesta a tres dosis de antocianinas procedentes del extracto de maíz morado bajo diferentes densidades de carga animal.

Hipótesis

H0: La inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado en la dieta de juveniles de Tilapia roja, con diferente carga animal, no mejora el peso, crecimiento específico, ni reduce los niveles de estrés.

H1: La inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado en la dieta de juveniles de Tilapia roja, con diferente carga animal, mejora el peso, crecimiento específico y reduce los niveles de estrés.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Cultivo de Tilapia

Generalidades

La Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es un pez de origen africano, que fue consumido por los egipcios hace más de 4 mil años. En la década de 1940 y 1950 (*Oreochromis mossambicus*) fue distribuida por todo el mundo llegando al Ecuador en 1965, Crespi & New (2009). La tilapia roja (*Oreochromis* sp) es introducida al Ecuador las regiones tropicales y subtropicales a mediados de 1990, con el fin de obtener una fuente de proteína barata, sostenible en el tiempo y que cumpla con estándares de calidad alimenticia para satisfacer la demanda creciente de la población, Jácome *et al.* (2019).

La Tilapia Roja (*Oreochromis* sp) es un híbrido generado a partir de cuatro especies: una de origen israelí y tres de origen africano: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum*, y *O. aureus* Hurtado *et al.* (2016). Es un cultivo que se caracteriza por tener poblaciones mono sexo de machos, que han recibido un proceso de reversión sexual en su estado de alevinaje mediante el uso de 17 alfa metil testosterona y así obtener un buen crecimiento, alto porcentaje de masa muscular, carece de espinas intramusculares, presenta un color llamativo en su carne y gran adaptabilidad a diferentes ambientes, Saavedra (2006)

Las poblaciones mono sexuales en la acuicultura permiten conservar la energía de los machos, potenciando su crecimiento y evitando el desperdicio de energía en la reproducción, Sayed *et al.* (2016).

La Tilapia Roja (*Oreochromis* sp) es un cultivo de agua dulce y salobre de baja salinidad, pero estudios han demostrado que este híbrido se puede adaptar y presentar tolerancia a la salinidad desarrollándose sin ningún problema con agua de mar, Alceste (2017).

Parámetros ambientales

La tilapia puede adaptarse a temperaturas que varían entre los 22 °C y 32 °C siendo su rango óptimo entre 24 °C y 29 °C, temperaturas menores a los 11 °C pueden resultar letales para la especie, mientras que temperaturas inferiores a los 20 °C, la concentración de oxígeno disuelto varía entre los 3 mg/l hasta los 5 mg/l siendo la concentración óptima, Instituto Nacional de Pesca (2018). El rango de pH para el cultivo de tilapia puede variar entre 7 a 9, siendo el valor óptimo 7.5, el aumento o disminución fuera de estos rangos puede generar cambios en el comportamiento de los peces como falta de apetito, trastornos de crecimiento, problemas de reproducción y letargo, Centro de desarrollo de la pesca y acuicultura, CENDE (2008).

Los nitritos en el cultivo de tilapia pueden llegar a ser tóxicos, afectando la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno en la sangre, por lo cual los valores óptimos de nitritos deben mantenerse entre 0- 0.1 mg/l. El agua debe tener valores de turbidez menores a los 25 NTU, Vargas, *et al.* (2017).

Nutrición de tilapia

La nutrición de la tilapia se enfoca en el uso de alimentos concentrados de alta calidad que buscan cumplir con los requerimientos y así obtener mayores rendimientos y peces de gran tamaño en menor tiempo. La nutrición de la tilapia roja se diferencia según su estadio siendo los alimentos más usados los peletizados secos y sumergibles y los peletizados extruidos flotante, FAO (2022). La dieta de la tilapia roja presenta componentes esenciales, como es el contenido proteico que cumple con funciones muy importantes como es la reparación del tejido desgastado y dañado y promueve la formación de tejido nuevo, Centro Tecnológico de acuicultura, Ctaqua (2017) .

Tabla 1*Requerimientos nutricionales para la producción de tilapia (Oreochromis sp)*

| Peso (g) | 0,01- 25 | 25-50 | 50-400 | >400 |
|---------------------|-----------------|--------------|---------------|----------------|
| Energía (Kcal/ kg) | 4000 | 3000 | 2900 | 2900 |
| Proteína bruta % | 40-45 | 30-35 | 28 | 25 |
| Aminoácidos % | | | | |
| Lisina | 2,05 | 1,64 | 1,43 | 1,28 |
| Metionina + Cistina | 1,07 | 0,86 | 0,75 | 0,67 |
| Treonina | 1,50 | 1,20 | 1,05 | 0,94 |
| Minerales | | | | |
| Calcio | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |

Nota. Recuperado de Ortiz (2018).

La proteína en la dieta de la tilapia es muy importante para la formación de sustancias biológicas como es el caso de los anticuerpos y como fuente de energía, los requerimientos de proteína van a variar dependiendo la calidad de la fuente de la proteína y el tamaño del pez y del contenido energético presente en la dieta, Ctaqua (2017). Los rangos óptimos de proteína, el número de raciones, el tamaño del alimento y el porcentaje de la ración se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 2*Tabla de alimentación para la producción de tilapia (Oreochromis sp.)*

| % De proteína | Peso (g) | Tamaño del alimento (mm) | Temperatura del agua °C | | | | | Alimentación diaria |
|----------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|
| | | | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | |
| | <0.5 | Triturado | 4 | 6 | 7 | 7.5 | 8 | 12 veces |
| 40 - 45% | 0.5 – 5 | 0.6-1mm | 3 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 8 veces |
| | 5 – 10 | 2 mm | 2 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | |
| 38 - 40% | 10 – 20 | 2 mm | 1.8 | 3.1 | 3.60 | 4 | 4.50 | 6 veces |
| | 20 – 50 | 2 mm | 1.6 | 2.7 | 3 | 3.4 | 4 | |
| | 50 – 75 | 5 mm | 1.4 | 2.2 | 2.40 | 2.9 | 3.1 | 3 veces |

Nota. Recuperado de Ortiz (2018).

Según Ctaqua (2017) la inclusión de vitaminas en la dieta de tilapia no es necesaria en sistemas de cultivos semi intensivos, pero es necesario en los sistemas intensivos dado que la disponibilidad en los alimentos comerciales es limitada.

Los requerimientos de vitaminas van a variar según la talla y el estrés fisiológico que pueda presentar la tilapia, en caso de sufrir mucho estrés los requerir pueden aumentar hasta un 5% o 10% para evitar problemas en su correcto desarrollo y crecimiento.

Referente a los minerales la tilapia tiene la capacidad de absorber minerales tanto del agua como del alimento comercial, Ctaqua (2017).

Tabla 3

Tabla de requerimientos óptimos de vitaminas y minerales para la producción de tilapia (Oreochromis sp.)

| Vitaminas Esenciales | Requerimiento | Minerales Esenciales | Requerimiento |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| A | 2000 - 5000UI | Ca | 0.3 - 0.7 % |
| B1 | 2 - 60mg/kg | P | 0.5 - 1.0 % |
| B2 | 5 - 60 mg/kg | I | 0.6 - 1.1 mg/kg dieta |
| B6 | 1 20 mg/kg | Mg | 0.5 - 0.8 g/kg dieta |
| C | 375UI | Zn | 20 – 30 mg/kg dieta |
| D | 375UI | Fe | <17,05mg/l |
| E | 100 - 500UI o 50 - 100mg/kg | Cu | <1,27mg/l |
| | | Cr | 2 mg/kg |

Nota. Recuperado de Bhujel (2002).

Taxonomía

REINO: Animalia

PHYLUM: Cordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

SUPERCLASE: Gnathostomota

SERIE: Piscis

CLASE: Teleostomi

SUBCLASE: Actinopterygii

ORDEN: Perciformes

SUBORDEN: Percoidei

FAMILIA: *Cichlidae*

GENERO: *Oreochromis*

ESPECIE: *Oreochromis* sp.

Nota. Anacona (2021).

Sistema inmune

El sistema inmune es un mecanismo de defensa celular y humoral, en la tilapia se encuentra bien desarrollado sin embargo existen factores intrínsecos o inherentes como la edad, el clima, calidad de agua que pueden repercutir negativamente sobre su sistema inmune. El sistema inmune se divide en dos tipos de mecanismos el sistema de defensa innato y el sistema inmune adquirido. El primero poseen todos los seres vivos desde el nacimiento formado por componentes celulares y humorales mientras que el segundo involucra la producción de anticuerpo, Olabuenaga (2000).

Inmunoestimulantes

Los inmunoestimulantes son sustancias que estimulan el sistema inmunológico, existen dos tipos los específicos como son las vacunas y los no específicos que no tienen especificidad antigénica. Las vacunas se utilizan para estimular la respuesta inmunitaria protectora a los antígenos de patógenos específicos. Los inmunoestimulantes aumentan la resistencia a las enfermedades mediante un incremento en los mecanismos de defensa específicos e inespecíficos, Barragán (2004).

Estrés en Tilapia

El estrés es una reacción generada por alteraciones de las condiciones normales, que afecta la homeostasis o equilibrio del sistema interno del pez, este puede estar causado por variaciones en las cargas animales, factores climáticos o problemas con el alimento. El estrés genera una inhibición en el sistema inmunitario de la tilapia, que puede generar susceptibilidad exponiéndola a patógenos o enfermedades, Pineda (2018).

Tipos de estrés

Estrés agudo

Se genera por alteraciones repentinas, referentes al alimento, manejo o factores externos. El estrés agudo es considerado bueno y en ocasiones necesario, ya que permite mantener a las Tilapias sus funciones de escape ante la presencia de peligro desarrollando así el manejo del estrés natural, Pineda (2018).

Estrés crónico

También conocido como estrés subletal es considerado uno de los más dañinos, se caracteriza por mantenerse por periodos prolongados de tiempo, este tipo de estrés se debe a problemas de alimento como cantidad y calidad de nutrientes. Otro de los problemas son las malas prácticas como variación en los puntos de suministro de alimento y la jerarquización, que no permite que los animales más pequeños se alimenten o satisfagan sus requerimientos

manteniéndoles en un estrés crónico, inhibiendo su sistema inmunitario y volviéndoles más susceptibles a enfermedades, Pineda (2018).

Maíz morado

Generalidades

El cultivo de maíz (*Zea mays L*) es uno de los más representativos de la zona andina, en los últimos años su producción se ha enfocado más en el cultivo de maíz amarillo, evitando el uso del maíz morado por sus bajos rendimientos y la falta de semillas certificadas. El maíz morado tiene características importantes como la presencia de antocianinas que se encuentra en el pericarpio que recubre al grano teniendo funciones antioxidantes e inmunoestimulantes, Borja & Caviedes (2013). En la Región andina el Maíz Morado (*Zea mays L*), conocido también como maíz negro, se caracteriza por presentar una mazorca de color negruzco, ha sido un cultivo característico de las zonas maiceras de la sierra ecuatoriana, siendo usado como fuente de alimento hace miles de años, usado principalmente por las poblaciones andinas para dar color a sus bebidas y alimentos, Yáñez G. *et al.* (2016). El maíz morado (*Zea mays L*), como muchas otras plantas presenta la capacidad de acumular antocianinas en sus diferentes estructuras, todas las variedades de maíz presentan esta capacidad tanto líneas endogámicas como líneas híbridas, la diferencia entre las variedades que presentan pigmentación es la presencia de los alelos fuertes que se encuentran en los genes dominantes, los cuales están encargados de regular la biosíntesis de las antocianinas y de la pigmentación de la mazorca, Yáñez G. *et al.* (2016).

Tabla 4

Composición bioquímica por cada 100 gramos de Maíz morado (*Zea mays L*)

| Nutrientes | Cantidad | Nutrientes | Cantidad |
|----------------|----------|-------------|----------|
| Energía (kcal) | 357 | Fibra (g) | 3.68 |
| Proteína | 8 | Calcio (mg) | 12 |

| Nutrientes | Cantidad | Nutrientes | Cantidad |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Grasa total | 3.40 | Hierro (mg) | 0.20 |
| Carbohidratos | 81.29 | Vitamina C (mg) | 2.10 |
| Fósforo | 328 | Vitamina B1 (mg) | 0.38 |

Nota. Recuperado de Reyna (2016); FUNIBER (2016); Yáñez G. *et al.* (2016)

Polifenoles

Los polifenoles son compuestos fenólicos que se obtienen de los metabolitos secundarios de las plantas llegando a cumplir varias funciones fisiológicas y con características importantes como su capacidad antioxidante, Olivares (2019). Las características de los compuestos fenólicos varían dependiendo del fruto o de las plantas de cual se los obtenga, y de factores como el genotipo, especie y condiciones ambientales, Valencia *et al.* (2017).

Antocianinas

Las antocianinas son los pigmentos hidrosolubles que otorgan el color rojo, violeta y azul, se encuentran presente en las plantas, vegetales y cereales como es en el caso del maíz morado, las cuales se acumulan en las vacuolas de la célula. Los compuestos fenólicos como las antocianinas presentan diferentes funciones en la planta ayudan a su protección y previenen los efectos de la radiación UV y ayudan a evitar problemas virales y bacterianos, Garzón (2008).

En los últimos años el interés en las antocianinas ha incrementado, no solo por su uso como un pigmento natural si no por sus propiedades farmacológicas y terapéuticas, por su capacidad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatorios e inmunoestimulante, Garzón (2008).

Ruta de las antocianinas

Las antocianinas se encuentran normalmente en las vacuolas de las células epidérmicas, una vez ingeridas estas pasan por el tracto digestivo y después hasta el torrente sanguíneo, éstas permanecen intactas durante todo este recorrido y ejercen efectos terapéuticos previniendo enfermedades, InfoAgro (2020).

Antocianinas en el Maíz Morado

El maíz morado está compuesto por polifenoles, conformado principalmente por flavonoides siendo los más representativos las antocianinas, glúcidos de las antocianidinas, Barba *et al.* (2015).

Las antocianinas se encuentran principalmente en la cascara de maíz morado, estudios han demostrado que en la cascara existe 10 veces más antocianinas que en otras plantas y un 10% más que en las otras partes del maíz morado. Las antocianinas más frecuentes son cianidina 3-(6"-malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido, Guillén *et al.* (2014)

Efecto Antioxidante

Pocos alimentos cuentan con la capacidad de proteger ante la formación de radicales libres, este proceso se da por la oxidación celular la cual puede conllevar varios problemas degenerativos de salud, Vilaplana (2007).

El maíz morado es utilizado para productos alimenticios funcionales, su capacidad antioxidante permite eliminar los reactivos del oxígeno (ROS) como el superóxido, el peróxido de hidrógeno y el radical hidroxilo que afectan a las biomoléculas de las células vivas, Khamphan *et al.* (2018).

Efecto Inmunoestimulante

El efecto inmunoestimulante se los obtiene de sustancias que tienen la capacidad de aumentar la resistencia para combatir infecciones y otro tipo de enfermedades a través del incremento en los mecanismos de defensa específicos e inespecíficos, transformándose en agentes profilácticos de primer orden, no curativos. Los inmunoestimulantes son nutrientes que al ser incluidos en la dieta con una dosis superior a la normal tiene la capacidad estimulante, Barragán (2004).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación política

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro Piscícola Nanegal ubicado en el noroccidente de la provincia de Pichincha Cantón Quito, parroquia Nanegal, vía Nanegalito- Nanegal km 12 desvió Marianitas y en el laboratorio de acuacultura ubicados en la Hacienda El Prado, BARRIO San Fernando, Parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.

Figura 1

Visión satelital del área de estudio



Nota. A) Laboratorio de acuacultura, B) *Centro Piscícola de Nanegal*
Tomado Google Maps (2022).

Ubicación geográfica

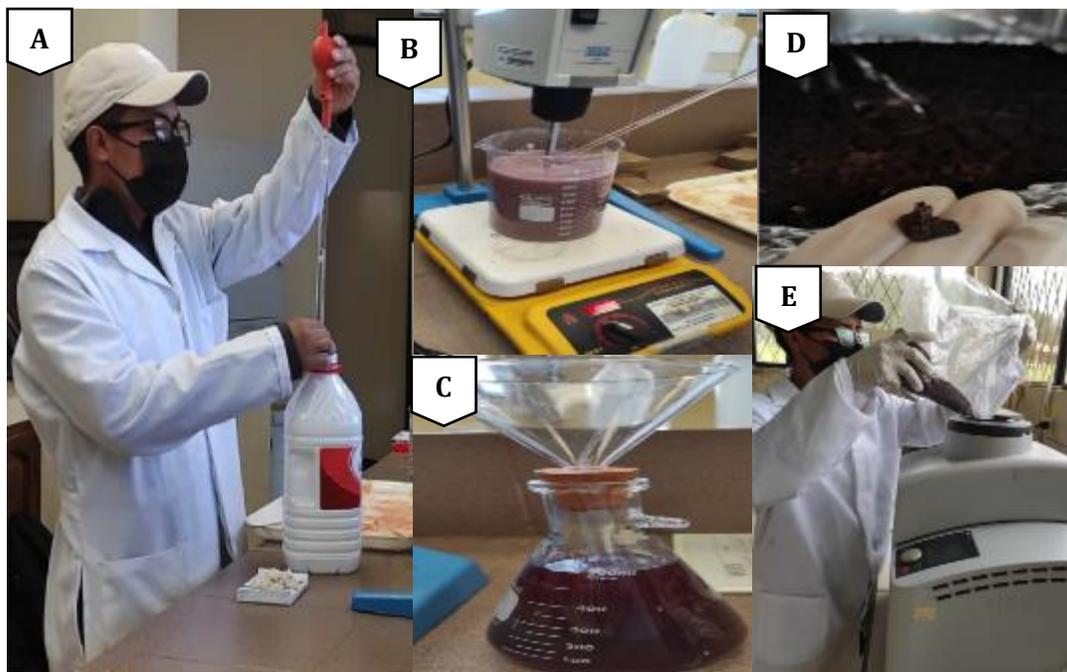
El Centro Piscícola Nanegal ubicado a una latitud de $0^{\circ}08'00.8''N$, longitud de $78^{\circ}39'54.9''W$ y altitud de 2200 m.s.n.m. y el laboratorio de acuacultura se encuentra ubicado a una latitud de $0^{\circ}23'15.66''S$, longitud de $78^{\circ}24'51.40''O$ y altitud de 2723 m.s.n.m.

Extracción de Antocianinas

Para la obtención de las antocianinas se utilizó maíz morado variedad "racimo de uva" procedente de Unidad de desarrollo tecnológico_ INIAP COTOPAXI, se seleccionó, limpió y molió. Posteriormente se pesó 100 g de maíz morado molido, se agregó 800 mL de etanol al 20 % obteniendo una relación 1: 8, esta solución fue calentada en una estufa con agitador a una temperatura de 50 °C, durante 60 min. Una vez transcurrido este periodo de tiempo se filtró, para retirar las partículas sólidas. La solución se vertió en planchas recubiertas de aluminio, se colocó en la estufa durante 48 horas a 70 °C. Trascurrido las 48 horas se trituró en el Molino ultra centrifuga para obtener partículas de 1mm.

Figura 2

Extracción y Obtención de antocianinas



Nota. A) Obtención de antocianinas, B) Homogenización maíz morado a 70 grados, C) Filtración y eliminación de impurezas, D) Secado de las antocianinas, E) Trituración de antocianinas.

Cuantificación de Antocianinas

Se utilizó el método de pH diferencial o también conocido como método espectrofotométrico. Se preparó 2 soluciones buffer: una con pH1 y otra con pH4.5. Se mezcló 3.35 g de Cloruro de potasio en 100mL de agua destilada para el buffer de pH1 y 0.19g de acetato de sodio en 100mL de agua destilada para el buffer de pH4.5, para ajustar el pH en las soluciones buffer se agregó HCL Ácido Clorhídrico. Posterior se mezcló 1 g de antocianinas con 9 mL de solución buffer, tanto del pH1 como del pH4.5. Las soluciones se colocaron en cubetas y se midió su absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 510 y 700nm y los datos obtenidos se remplazaron en la siguiente fórmula:

$$C_A(mg/L) = \frac{[(A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}] * PM * FD * 1000}{\epsilon * l}$$

DONDE

C_A = Concentración de antocianinas en mg/L

$A_{510} - A_{700}$ = absorbancia a 510 y 700nm respectivamente a pH1 y pH4.5

Pm = Peso molecular de la cianidina-3-glucosido correspondiente a 449.2 g/mol.

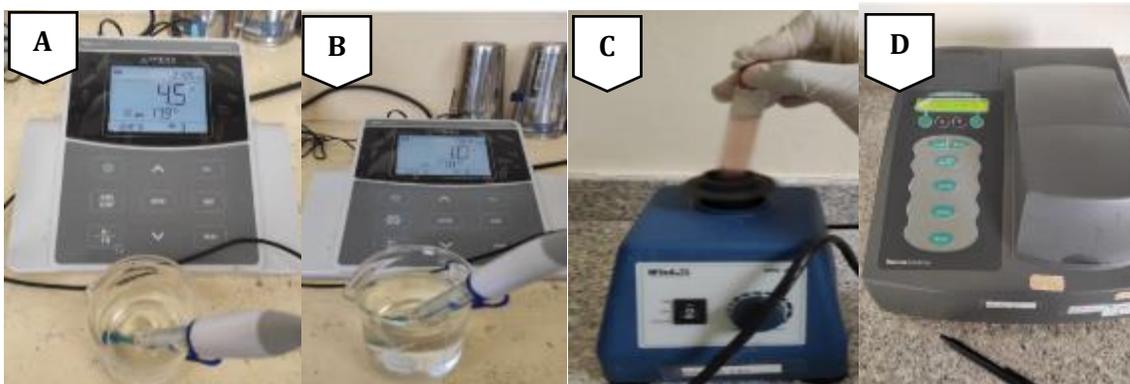
FD = factor de dilución equivalente a 10

ϵ = coeficiente de extinción molar para la cianidina-3-glucosido con un valor de 26900.

l = longitud de paso de la celda cm (1cm)

Figura 3

Extracción y Obtención de antocianinas



Nota. A) Buffer con pH4,5 de Acetato de sodio, B) Buffer con pH1 de Cloruro con potasio, C) Homogenización de muestras, D) Determinación de absorbancia.

Bioensayo de toxicidad de antocianinas en artemia salina

Se determinó los niveles de toxicidad de las antocianinas mediante el uso de Artemia salina como base del modelo biológico:

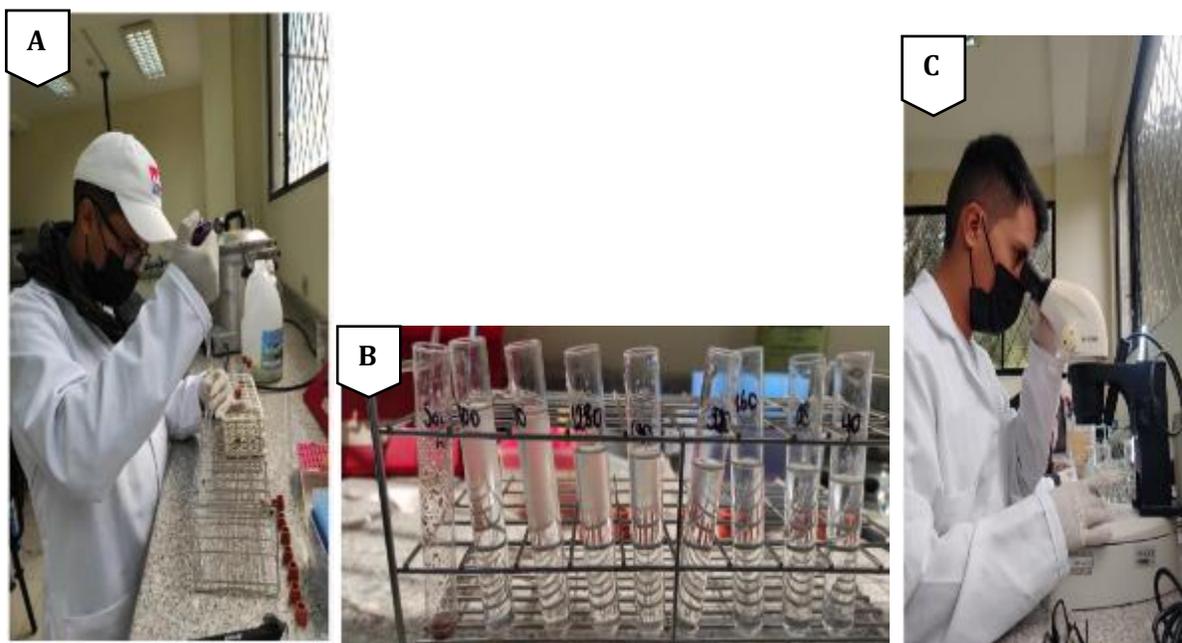
Se inició eclosionando nauplios de artemia salina, para lo cual se creó un medio salino con 1 litro de agua purificada, 25 g de sal en grano, 0.6 g de activador y 1 g de artemia salina. Para el correcto funcionamiento del sistema se colocó aireación permanente, iluminación artificial con 1500 lúmenes y termostatos para obtener una temperatura de 25 °C, López (2021). La segunda etapa consistió en la preparación de una solución madre disolviendo 80 mg de antocianinas en un 8ml de agua, para obtener una solución madre de 800ppm.

A partir de esta solución madre se prepararon disoluciones de 0, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 2400, 3000 ppm respectivamente en tubos de ensayo con 10 nauplios de artemia salina de 48 horas y con 8 ml de agua con sal en grano con una salinidad de 25 ppm, trascurrido 24 horas se analizó la mortalidad con la ayuda de un estereomicroscopio para cada disolución y se determinó el porcentaje de mortalidad a través de la siguiente formula:

$$\%mortalidad = \left(\frac{\#numero\ de\ nauplios\ muertos}{nauplios\ iniciales} \right) * 100$$

Figura 4

Bioensayo de toxicidad con antocianinas



Nota. A) Preparación de medios, B) Colocación de nauplios, C) Verificación de supervivencia.

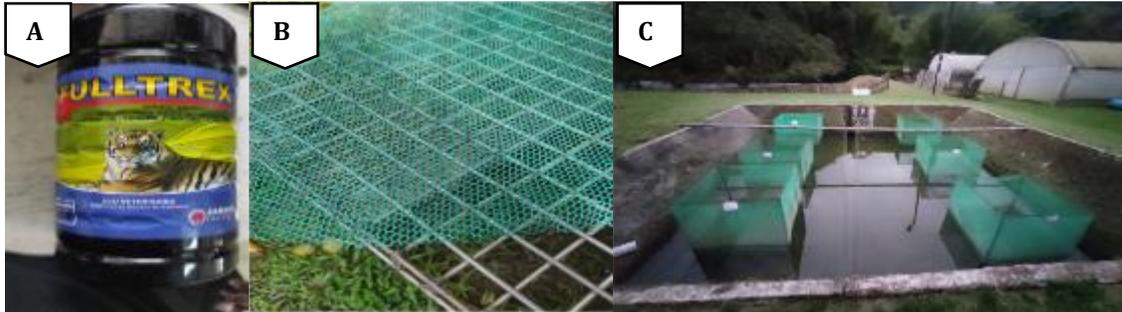
Instalación del ensayo

Se realizó la limpieza, desinfección y encalado de la piscina de las tilapias para eliminar hongos, plagas y enfermedades que puedan afectar el correcto desarrollo del ensayo, se vació las 3 piscinas utilizadas, se desinfecto con fulltrex colocando 2.5 ml por litro en una bomba de 20 litros, coloco 15 libras de cal por piscina.

Se utilizaron 3 piscinas de 7m ancho por 8m de largo, en cada piscina se colocó 6 jaulas de 1 m3 para cada tratamiento, para el recubrimiento de las jaulas se utilizaron mallas de 3x3mm y se colocó una malla sobre las piscinas para evitar el ataque de pájaros.

Figura 5

Instalación del proyecto



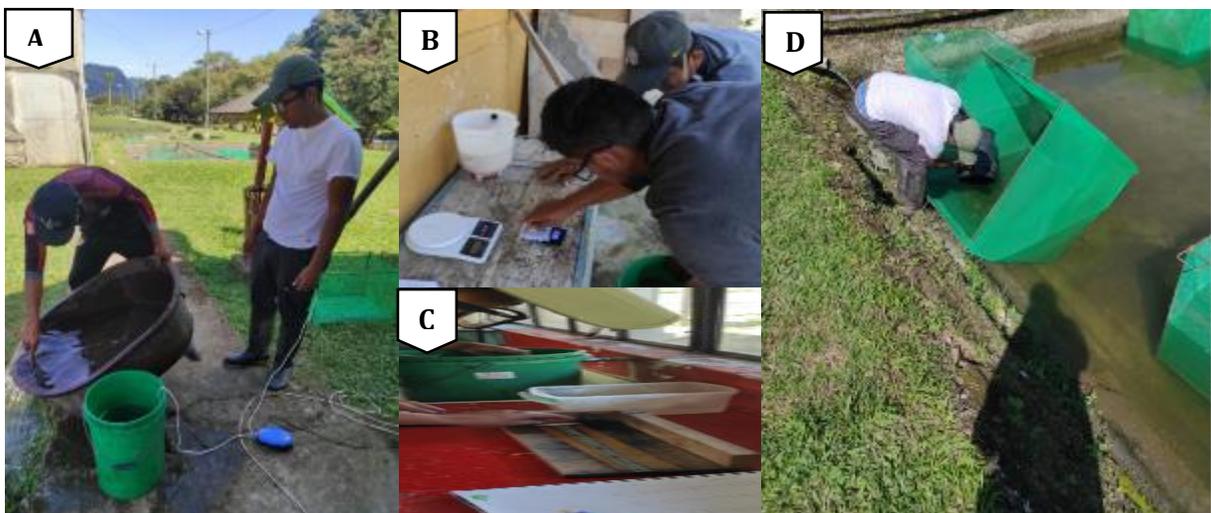
Nota. A) Fulltrex, B) Malla de 3x 3 mm, C) Colocación de 6 jaulas de 1m³ por piscina.

Manejo del cultivo de Tilapia

Se utilizaron 675 Tilapias rojas híbridas (*Oreochromis* sp.) pertenecientes al proyecto Centro Piscícola de Nanegal, las cuales se tamizaron en dos ocasiones para obtener una muestra homogénea, posterior las tilapias fueron pesadas para obtener un peso promedio de $4g \pm 0.2 g$ las cuales se colocaron en 3 piscinas rectangulares con largo de 8 m y ancho de 7 m y un volumen de 56 m³ en cada piscina se colocaron 225 tilapias.

Figura 6

Instalación del proyecto



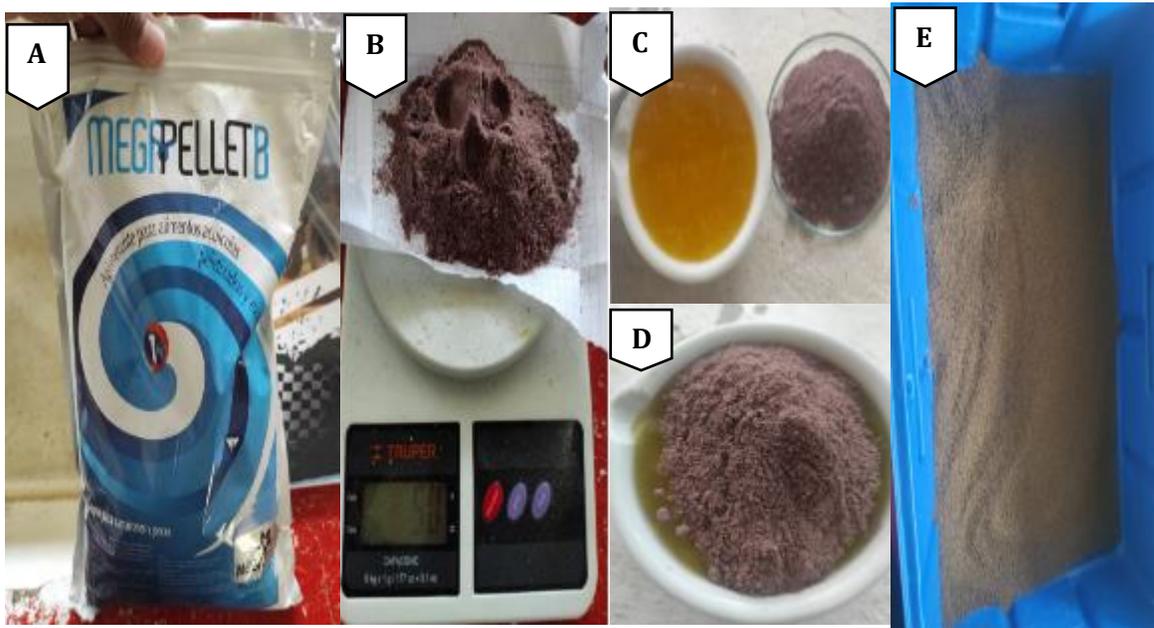
Nota. A) Tamización de tilapias, B) Pesaje de tilapias, C) Toma de datos morfométricos iniciales D) Siembra de tilapias en los diferentes tratamientos.

Preparación de tratamientos

Se disolvió 3 g de MEGAPELLETB en 300 ml de agua, se mezcló durante 5 minutos en una licuadora para obtener una mejor consistencia y evitar grumos. Posterior se pesó 30 g y 50 g de antocianinas para los tratamientos 3, 4 y 5,6 respectivamente que fueron mezclados con 100 mL de aglutinante y un kilo de alimento balanceado de la marca NUTRA micro extruido con un nivel de proteína del 48 % hasta obtener una mezcla homogénea. Finalmente se dejó secar por 3 horas y se almaceno en fundas ziploc y se conservó en un lugar fresco.

Figura 7

Inclusión de antocianinas al alimento



Nota. A) Aglutinante para alimento acuícola, B) Pesaje de antocianinas, C) aglutinante preparado y antocianinas D) Mezcla de aglutinante con antocianinas, E) Alimento con antocianinas.

Variables a medir

Análisis de nitrito nitrato y amonio del agua

Este proceso se realizó con los kits Palintest, cada 15 días obteniendo un total de 5 muestras por piscina y 15 muestras en total, el proceso inicio tomando una muestra de 100 mL

de agua de cada piscina, que debió permanecer en un cooler hasta su procesamiento para mantenerse en una temperatura no mayor a los 5 °C. El procesamiento de la muestra se realizó en los laboratorios de Acuicultura de la Carrera Agropecuaria.

Nitrito, El proceso comenzó homogenizando la muestra, previo su uso, se colocó 10ml en un tubo de ensayo con la ayuda de una pipeta pasteur, se añadió una tableta de Nitricol, la cual se aplastó y se dejó reposar la muestra por 10 min, se calibró el Espectro fotómetro a 520 nm y se introdujo dos cubetas una con la muestra y otra con un blanco para encerar el espectro fotómetro una vez obtenido el resultado se trasformó gracias a una tabla obteniendo el resultado en mg/l N y para finalizar se multiplicó por un factor de conversión (3.3) para tener el resultado en mg/l NO₂.

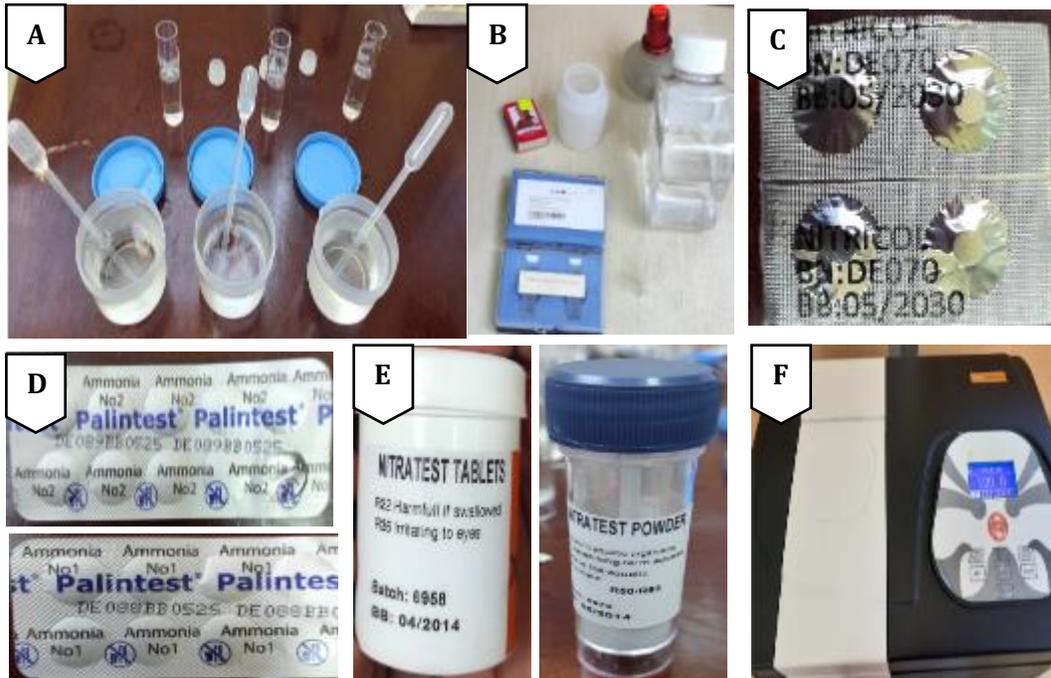
Nitrato, El proceso comenzó homogenizando la muestra, previo su uso, se colocó 20 mL en un tubo de ensayo con la ayuda de una pipeta pasteur, se añadió una cucharadita de Nitratest y una tableta de Nitratest, se tapó, se batió por un minuto, se dejó reposar un minuto, se agitó 3 veces y se dejó reposar por 3 minutos. Posterior se tomó 10 ml del sobrenadante con una pipeta pasteur y se colocó en otro tubo de ensayo junto con una tableta de Nitricol, se esperó 10 minutos y se colocó la muestra en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 570 nm, se introdujo dos cubetas una con la muestra y otra con un blanco para encerar el espectro fotómetro, una vez obtenido el resultado se trasformó gracias a una tabla obteniendo el resultado en mg/l N y para finalizar se multiplicó por un factor de conversión (4.4) para tener el resultado en mg/l NO₃.

Amonio, El proceso comenzó homogenizando la muestra, previo su uso, se colocó 10 ml en un tubo de ensayo, se adicono la tableta #1 y #2 de Amonia del kit Palintest, se aplastó hasta conseguir una mezcla homogénea y se esperó 10 minutos.

Posterior se colocó en 640 nm el espectrofotómetro, se introdujo dos cubetas una con la muestra y otra con un blanco para encerrar el espectro fotómetro, una vez obtenido el resultado se trasformó gracias a una tabla obteniendo el resultado en mg/l N y para finalizar se multiplicó por un factor de conversión (1.3) para tener el resultado en mg/l NH₄.

Figura 8

Analisis de agua



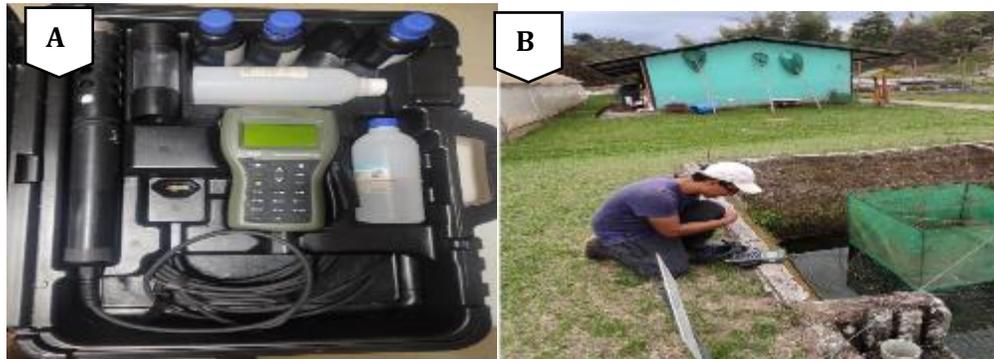
Nota. A) Muestras de agua, B) Cubetas de cuarzo y blanco del espectrofotómetro, C) Kit de Nitrito D) Kit de Amonia, E) Kit de Nitrato, F) Espectrofotómetro.

Análisis fisicoquímico del agua

Este proceso se realizó con un multiparamétrico de la marca HANNA modelo HI9829, realizando 2 tomas al día durante los 90 días, en las tres piscinas, la primera toma se realizó a las 7 am y la segunda toma se realizó a las 4 pm.

Figura 9

Análisis de agua



Nota. A) Multiparamétrico de la marca HANNA modelo HI9829, B) Medición de variables fisicoquímicas del agua.

Diseño experimental

El proyecto se dispuso en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) 3x2 con 3 repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales, que fueron dispuestas en 3 piscinas, colocando 6 unidades experimentales por piscina, en cada piscina se colocó 3 unidades experimentales conformadas por 30 Tilapias y las otras 3 con 45 Tilapias.

El modelo matemático que se siguió fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + D_i + C_j + DC_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la ijk -ésima unidad experimental.

μ = Media general de la variable.

B_i = Efecto del i -ésimo bloque.

D_i = Efecto de la i -ésimo nivel del factor A sobre la variable de respuesta.

C_j = Efecto de la j -ésimo nivel del factor B sobre la variable de respuesta.

DC_{ij} = Efecto de la interacción entre el factor A y B sobre la variable de respuesta.

e_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima unidad experimental.

Factores

- **Dosis a aplicar:** Las dosis de antocianinas son: 0%, 3% y 5%.
- **Carga animal:** 30 juveniles y 45 juveniles.

Tratamientos

En la tabla 5 se describen los tratamientos que se evaluaron en el cultivo de Tilapia híbrida.

Tabla 5

Descripción de los tratamientos

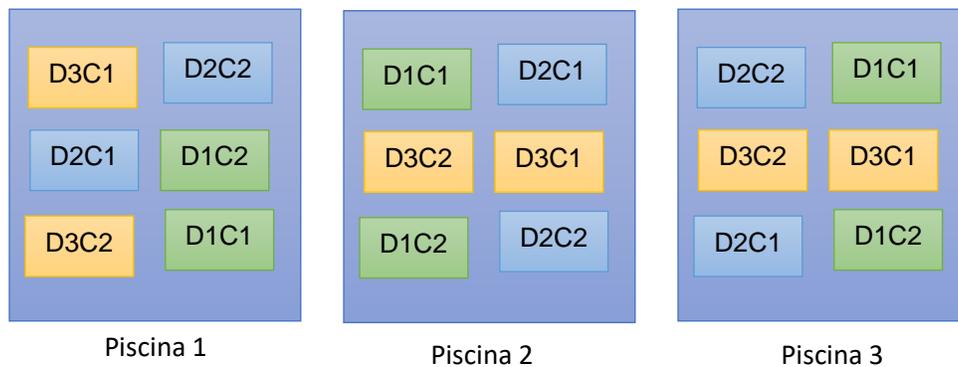
| Tratamiento | Descripción | Código |
|-------------|--|--------|
| T1 | Adición de 0% de antocianinas, carga 30 Tilapias | D1C1 |
| T2 | Adición de 0% de antocianinas, carga 45 Tilapias | D1C2 |
| T3 | Adición de 3% de antocianinas, carga 30 Tilapias | D2C1 |
| T4 | Adición de 3% de antocianinas, carga 45 Tilapias | D2C2 |
| T5 | Adición de 5% de antocianinas, carga 30 Tilapias | D3C1 |
| T6 | Adición de 5% de antocianinas, carga 45 Tilapias | D3C2 |

Nota. Autoría propia.

Croquis experimental

Figura 10

Croquis del diseño experimental



Nota. Autoría propia.

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se las definió por medio de estadística descriptiva: media, desviación estándar y varianza. Las variables morfométricas, productivas y hematológicas de los peces fueron desarrolladas mediante análisis de varianza, del mismo modo los datos obtenidos durante la presente investigación se analizaron utilizando el software estadístico Infostat. Para todos los análisis se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey 5%.

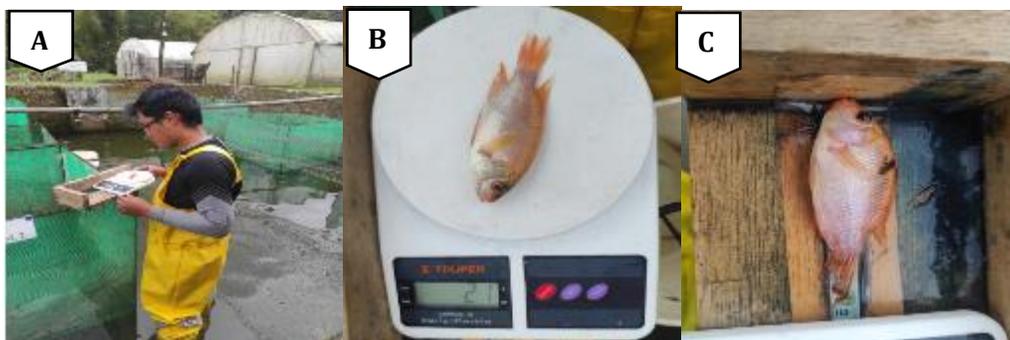
Evaluación de variables en campo

Las variables morfométricas como el:

Peso Corporal. - esta variable fue medida a partir del día cero y posterior a esta medida cada 10 días teniendo en total 10 lecturas, con la ayuda de una balanza electrónica se pesó 10 tilapias de cada tratamiento, el peso fue tomado en gramos. Largo total, parcial y ancho: esta variable fue medida a partir del extremo frontal hasta el extremo caudal mientras que la longitud parcial fue cuantificada desde el extremo frontal hasta la el inicio de la aleta caudal y el ancho estos valores fueron expresados en cm, estas medidas se realizaron cada 10 días a partir del día 0 de la instalación del proyecto obteniendo un total de 10 lecturas para cada una de las variables, este proceso se realizó a 10 juveniles por tratamiento con la ayuda de un ictiómetro.

Figura 11

Medición de parámetros morfométricos en tilapias



Nota. A) Medición de parámetros morfométricos, B) Pesaje de tilapias, C) Medición de tilapias.

Variables productivas

Mortalidad (%) para la toma de datos de mortalidad, se registraron los individuos muertos cada 10 días en las piscinas por tratamiento. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Mortalidad(\%) = \frac{\text{Numero de peces muertos}}{\text{Total de peces por tratamiento}} * 100$$

Factor de conversión alimenticia (FCA), este factor permitió estimar el consumo de alimento balanceado mediante el cual se obtuvo 1 g de peso. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (kg) en un periodo } t}{\text{Incremento de peso de biomasa (kg) en un periodo } t}$$

Eficiencia de conversión alimenticia ECA, este factor permitió determinar la conversión alimenticia, es decir la cantidad de alimento consumido por unidad de peso de animal producido.

$$(ECA) = \frac{1}{FCA} * 100$$

Tasa de crecimiento específico (TCE), este factor permitió determinar el porcentaje de crecimiento diario de los individuos a partir de registros del peso (decenalmente). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$TCE = \frac{(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial})}{tf - ti} * 100$$

Donde:

ln: logaritmo natural

Tf: Tiempo final

Ti: Tiempo inicial

Ganancia de peso diario (GP) este factor permitió determinar la ganancia de peso diario de cada individuo. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de peso diario} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Edad (días)}}$$

Índice de condición corporal (ICC), este factor permitió determinar el estado nutricional y morfológico que los peces desarrollarán al final de 90 días de investigación. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$K = \frac{W(g)}{L^3(cm)} * 100$$

Donde:

K: Condición corporal del individuo

W: Peso corporal húmedo en gramos

L: Longitud en centímetros

Variables Hematológicas

Toma de muestras

Los análisis de las muestras hematológicas se realizaron a 10 individuos por tratamiento, a partir de los 10 tratamientos se realizó un pull obteniendo 3 muestras por tratamiento.

Se utilizó jeringas heparinizadas de 1 mL con agujas de calibre 26 G. Las muestras fueron recolectadas por punción en la arteria caudal en un ángulo de 45°, tomando como referencia la aleta anal y la línea media del pez.

De cada Tilapia se recolectó entre 0.4 a 0.6 mL de sangre, estas muestras fueron colocados en microtubos de 2 mL que fueron previamente rotulados y esterilizados, estos fueron colocados en un cooler con friogel para mantener las muestras a -4°C.

Figura 12

Extracción de sangre de tilapias



Nota. A) Obtención de muestras de sangre.

Evaluación de variables en laboratorio

Hematocrito

La determinación del hematocrito se realizó con capilares, estos se llenaron de acuerdo a lo indicado en la tabla Criptocaps, posterior se sellaron con plastilina y se colocaron en tubos de ensayo de acuerdo a su tratamiento. Las muestras fueron centrifugadas durante 10 min a 2400rpm, trascurrido este periodo de tiempo se realizó la lectura de la columna de sangre, que nos muestra un empaquetamiento máximo de eritrocitos. Este análisis nos permite determinar el volumen de glóbulos rojos en relación al total del volumen de sangre.

Figura 13

Hematocrito



Nota. A) Micro centrifuga, B) Tabla Criptocaps.

En el análisis de glucosa, proteína y albumina se tomó 6000 µL de sangre, se colocó en microtubos rotulados, se distribuyó en la micro centrifugadora por 10 minutos a 3600 rpm

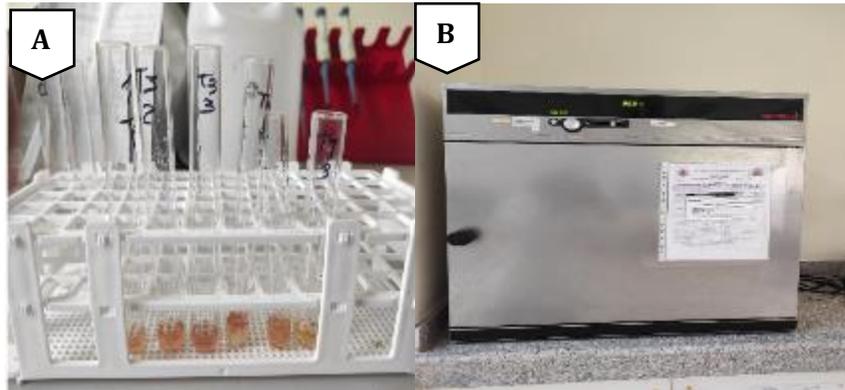
Glucosa

El análisis se realizó con el kit Human Glucose, el análisis permite medir la cantidad de azúcar en la sangre. Primero se rotuló los tubos de ensayo, posterior se agregó 1mL de reactivo en cada tubo de ensayo y 10 µL de plasma sanguíneo en los tubos de las muestras. En un tubo adicional se colocó 10 µL de solución estándar STD. Se dejó incubar por 10 minutos a una temperatura de 37 °C. Finalmente se midió la absorbancia a través del espectrofotómetro a 500 nm, el cual fue previamente encerado con el blanco y calibrado con la solución estándar una vez obtenido los resultados se empleó la siguiente formula:

$$Gluc (mg. dL^{-1}) = 100 \times \frac{\Delta A Muestra}{\Delta A Estándar}$$

Figura 14

Muestras para análisis de glucosa



Nota. A) Muestras de glucosa, B) Incubadora

Proteínas totales

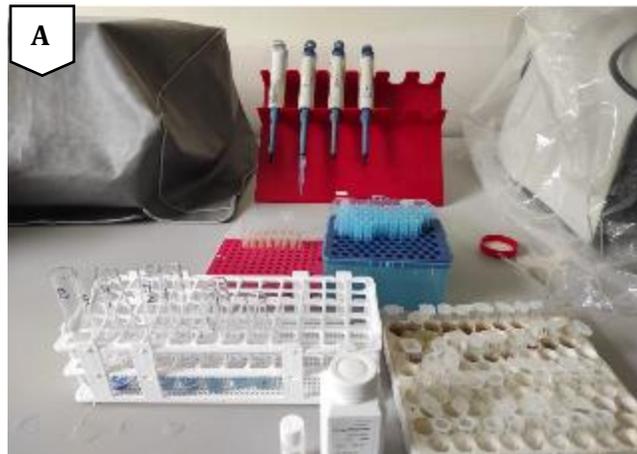
El análisis de proteínas totales se midió utilizando el kit Human Total Protein liquicolor. Primero se rotuló los tubos de ensayo, posterior se agregó 1mL de reactivo en cada tubo de

ensayo y 20 µL de plasma sanguíneo en los tubos de las muestras. En un tubo adicional se colocó 20 µL de solución estándar STD. Se dejó incubar por 10 minutos a una temperatura de 20 a 25 °C. Finalmente se midió la absorbancia a través del espectrofotómetro a 546 nm, el cual fue previamente encerado con el blanco y calibrado con la solución estándar una vez obtenido los resultados se empleó la siguiente formula:

$$PT (g.dL^{-1}) = 8 x \frac{\Delta A_{Muestra}}{\Delta A_{Estándar}}$$

Figura 15

Muestras para análisis de Proteínas totales



Nota. A) Muestras de Proteínas totales

Albúmina

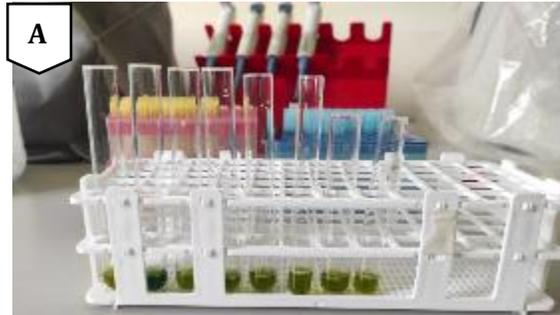
El análisis de albúmina se desarrolló con el kit de Human Albumin liquicolor. Primero se rotuló los tubos de ensayo, posterior se agregó 1mL de reactivo en cada tubo de ensayo y 10 µL de plasma sanguíneo en los tubos de las muestras.

En un tubo adicional se colocó 10 µL de solución estándar STD. Se dejó incubar por 5 minutos a una temperatura de 20 a 25 °C. Finalmente se midió la absorbancia a través del espectrofotómetro a 546 nm, el cual fue previamente encerado con el blanco y calibrado con la solución estándar una vez obtenido los resultados se empleó la siguiente formula:

$$Alb (g. dL^{-1}) = 4 \times \frac{\Delta A_{Muestra}}{\Delta A_{Estándar}}$$

Figura 16

Muestras para análisis de Albumina



Nota. A) Muestras de Albumina

Conteo de glóbulos rojos

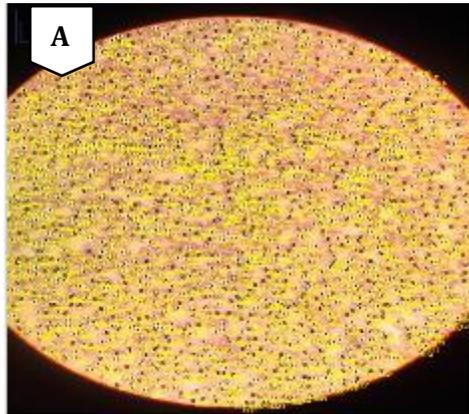
Para el recuento de eritrocitos se utilizó la solución de Natt-Herrick y pipetas Thomas, se llenó la pipeta Thomas hasta la marca #5 de sangre y hasta la marca 1.1 de la solución, se mezcló por dos min y se dejó caer las 6 primeras gotas y se añadió 1 gota en la cámara de Neubauer, se dejó reposar durante 5 minutos y posteriormente se llevó al microscopio para realizar el recuento con el lente de 40x. El conteo se realizó a 5 recuadros los cuadrados de las esquinas y el del centro. El número de eritrocitos se multiplica por 10000 y se expresa $\text{cél} \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$.

Conteo de glóbulos blancos

Para el recuento de Leucocitos se utilizó la solución de Natt-Herrick. Se utilizó una dilución 1:100, con una micropipeta para añadir 10 μL de sangre a 990 μL de la solución se dejó reposar durante 2 min, se depositó 10 μL en la cámara de Neubauer, se dejó reposar durante 5 minutos y se llevó al microscopio para realizar el recuento con el lente de 40x. El recuento se realizó en 4 cuadros situados en las esquinas. El número leucocitos fue multiplicado por 100 y por un factor de conversión 2.5 y se expresa en $\text{cél} \times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$.

Figura 17

Glóbulos blancos en el microscopio



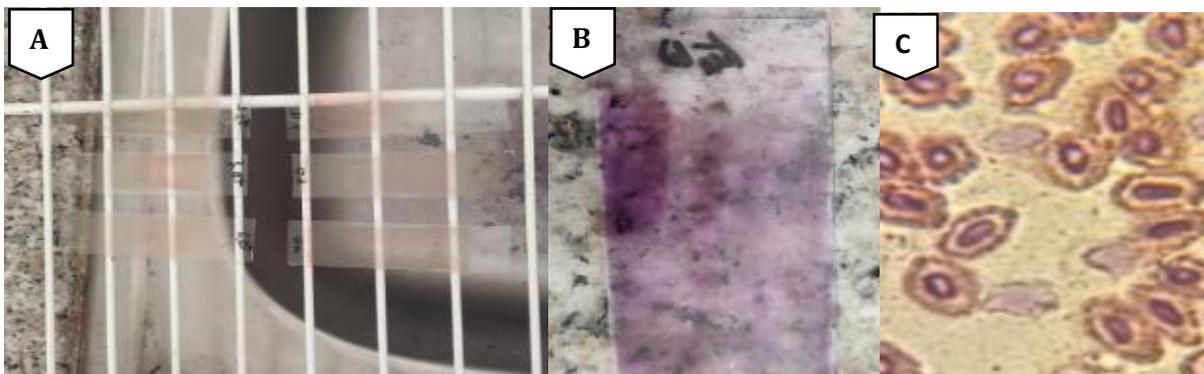
Nota. A) Conteo de glóbulos blancos

Morfología

Para la morfología leucocitaria se realizó a través de un frotis sanguíneo que fue fijado con metanol al 99.9%, se dejó secar y se añadió el colorante Wright durante 15 minutos, luego se lavó las muestras con agua destilada y se dejó secar, para poder ser observado en el microscopio con un lente de 40x y se realizó 10 fotos al azar.

Figura 18

Frotis sanguíneo



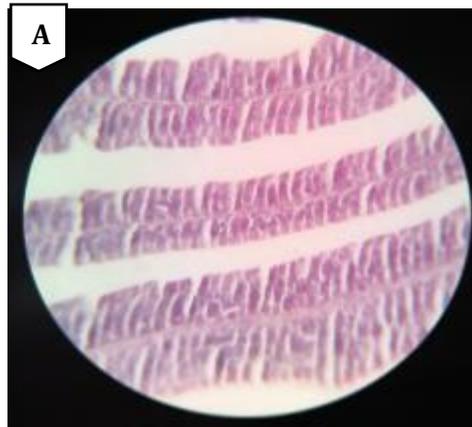
Nota. A) Frotis sanguíneos, B) Frotis sanguíneos teñidos con la solución Wright, C) Linfocito.

Evaluación de cortes histológicos

Se sacrificaron varias tilapias por tratamiento (n=3) de forma aleatoria. Se extrajo la parte anterior del intestino y se colocó en un tubo Falcón con formalina al 10%. Para el proceso histológico se realizó cortes de 7µm y se tiñó con Hematoxilina – Eosina, finalmente las muestras fueron observadas en el microscopio.

Figura 19

Corte Histológico



Nota. A) Corte histológico intestino anterior

Análisis Estadístico

El análisis de los datos morfológicos, productivos y hematológicos se caracterizaron mediante estadística descriptiva media y desviación estándar. Para evaluar el efecto de la inclusión de antocianinas provenientes del extracto de maíz morado (*Zea mays L*) en el cultivo de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en la etapa de juveniles, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey para las variables morfométricas, productivas y hematológicas tomadas al finalizar la investigación para determinar cuál fue el mejor tratamiento. El crecimiento de los animales en el tiempo se hizo con regresiones lineales observando el modelo que mejor se adapte a los datos. Todas las pruebas se realizaron con un nivel de confianza del 5 %. Se realizó un muestreo por conglomerados uniforme tomando muestras de 10 juveniles por cada tratamiento. Los datos obtenidos en la fase de campo se analizaron mediante el software estadístico Infostat®.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Bioensayo de toxicidad de Antocianinas en Artemia Salina

El bioensayo realizado demostró que las Antocianinas provenientes del maiz morado (*Zea maiz L*), no presentaron toxicidad en la supervivencia de Artemia salina, se usaron concentraciones maximas de llego 3000 ppm, no se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las diferentes concentraciones, de tal manera se determinó que las antocianinas pertenecen a la categoría toxicológica VI relativamente inocuo como indica, Sánchez (2013). Thomas (2022) en su estudio menciona que *Artemia salina* es un organismo resiliente e ideal para modelos biológicos por sus características genéticas, es usado en ensayos de citotoxicidad de nanomateriales, pruebas antitumorales, análisis a nano escala, pruebas de toxicidad y ecotoxicidad convirtiéndolo en un modelo de bajo costo, rápido y confiable a nivel mundial.

Tabla 6

Clasificación de toxicidad según CYTED

| Categoría | Nivel de toxicidad | DL50 | |
|-----------|-------------------------|-----------|-------|
| I | Extremadamente tóxico | 1-50 | ug/ml |
| II | Altamente tóxico | 10-100 | ug/ml |
| III | Moderadamente tóxico | 100-500 | ug/ml |
| IV | Ligeramente tóxico | 500-1000 | ug/ml |
| V | Practicamente no tóxico | 1000-1500 | ug/ml |
| VI | Relativamente inocuo | >1500 | ug/ml |

Nota. Recuperado de L. Sánchez (2005)

Cuantificación de antocianinas

Para la cuantificación de las antocianinas

$$C_A(mg/L) = \frac{[(A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4}] * PM * FD * 1000}{\epsilon * l}$$

DONDE

C_A = Concentración de antocianinas en mg/L

$A_{510} - A_{700}$ = absorbancia a 510 y 700nm respectivamente a pH1 y pH4.5

Pm = Peso molecular de la cianidina-3-glucosido correspondiente a 449.2 g/mol.

FD = factor de dilución equivalente a 10

ϵ = coeficiente de extinción molar para la cianidina-3-glucosido con un valor de 26900.

l = longitud de paso de la celda cm (1cm)

$$C_A(mg/L) = \frac{[(3.008 - 2.510)_{pH1} - (2.950 - 2.492)_{pH4}] * 449.2g/mol * 10 * 1000}{26900 * 1}$$

$$C_A \left(\frac{mg}{L} \right) = 6.67$$

Hoyos et al. (2020) mencionan que la cantidad de antocianinas varía según la variedad del maíz, los factores medio ambientales y por el método de obtención de las mismas. Andrade (2022) establece que el contenido de antocianinas es el resultado de la interacción genotipo medio ambiente y que las fórmulas de abonamiento NPK no alteran dicho contenido como otros autores aseguran. Maltabar (2020) indica que la concentración de antocianinas incrementa al añadir grupo hidroxilo y disminuye con grupos metoxi, en condiciones de pH ácido aumenta su concentración y en condiciones de pH básico disminuye su concentración. Barba *et al.* (2015) indican que los valores de antocianinas presentes en el maíz morado varían desde los $28.3 \frac{mg}{L}$

hasta los $46.71 \frac{mg}{L}$ en las variedades peruanas, sin embargo Rafael et al. (2017) afirma que las variedades ecuatorianas presentan de $5.70 \frac{mg}{L}$ a $8.38 \frac{mg}{L}$ en el presente estudio se obtuvo $6.67 \frac{mg}{L}$ de antocianinas encontrándose dentro de los rangos para las variedades ecuatorianas.

Condiciones fisicoquímicas del agua

En la tabla 7, se puede observar la media, desviación estándar, mínimos y máximos de los parámetros fisicoquímicos medidos durante 90 días desde el 01/08/2022 hasta el término del experimento el 02/11/2022.

El pH, temperatura y oxígeno disuelto se midió a las 12 pm todos los días, mientras que los compuestos nitrogenados se midieron cada 3 semanas. Las medias de los parámetros no presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las 3 piscinas utilizadas.

Tabla 7

Media \pm desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua.

| Parámetro | Parámetros | | |
|--------------------------------|------------------|-------|-------|
| | Media \pm D. E | Min | Max |
| pH | 8.21 \pm 0.53 | 7.01 | 9.35 |
| Temperatura (°C) | 23.72 \pm 1.57 | 21.03 | 27.00 |
| Oxígeno (mg*L ⁻¹) | 9.00 \pm 0.97 | 7.03 | 11.10 |
| Nitritos(mg/L ⁻¹) | 0.05 \pm 0.53 | 0.00 | 0.23 |
| Nitratos (mg/L ⁻¹) | 1.34 \pm 1.16 | 0.00 | 4.40 |
| Amonio(mg/L ⁻¹) | 0.31 \pm 0.38 | 0.00 | 1.30 |

Nota. La tabla muestra los resultados parámetros fisicoquímicos de los análisis realizados al agua.

Al término del ensayo se registró una temperatura media en el agua de $23.72 \pm 1.57^\circ\text{C}$, con un pH de, 8.21 ± 0.53 y una concentración de oxígeno de 9.00 ± 0.97 ml/L, Guerrero (2004) menciona que el rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapia es de 20 a 30°C para

obtener un correcto crecimiento y una buena tasa metabólica, temperaturas menores a 18°C reducen su crecimiento y consumo de alimento, sin embargo cuando las temperaturas superan los 37°C generan problemas de estrés y pueden llegar a ser letales. Mientras que Nicovita (2017), indica que el rango de pH óptimo es de 6.5 a 9, valores fuera de este rango generan letargia, inapetencia y retardan el crecimiento, valores inferiores a 5 generan la muerte en la Tilapia en un período de 3 a 5 horas, por fallas en el sistema respiratorio. Estudios realizados determinan que las tilapias pueden tolerar bajos niveles de oxígeno en el agua, Patti (2011) establece que el rango de oxígeno tolerable va desde 3 a 4 mg/L, pero menciona que niveles de oxígeno superiores a los 4.5 mg/L generan un mayor crecimiento de la Tilapia, mientras que niveles menores a 1 mg/L pueden llegar a ser letales. De acuerdo con lo mencionado se determinó que tanto temperatura como pH y oxígeno disuelto, se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el correcto desarrollo de la especie.

Los altos niveles de nitritos, nitratos y amonio son producto de descomposición de las excretas, orina al igual que de la materia orgánica proveniente del residuo del balanceado. Según Saldaña *et al.* (2022) el rango de tolerancia de los nitritos es de 0 a 0.1 mg/L, en el estudio se obtuvieron valores 0.05 mg/L, valores superiores a los a 0.75 mg/L pueden generar estrés en el pez, y valores cercanos o mayores a 5 mg/L son tóxicos. En adición con lo anterior mencionado Soto (2009), establece que los niveles de tolerancia de Nitratos son de 1 a 2 mg/L, en el estudio se obtuvieron valores 1.34 mg/L. Mientras Nicovita (2017) menciona que los valores de tolerancia del Amonio van de 0 a 2 mg/L, en el presente estudio se obtuvieron valores de 0.31 ± 0.38 mg/L, este parámetro es muy importante, valores superiores a los 2 mg/L son sumamente tóxicos y más aún cuando el pH y la temperatura se encuentran en niveles elevados, pudiendo llegar a terminar con todo un cultivo de tilapias. Por lo que se puede mencionar que el cultivo de tilapia contó con los rangos de tolerancia óptimos con respecto a las condiciones físico químicas agua favoreciendo su desarrollo.

Parámetros Morfométricos

En la tabla 8, se muestran los resultados obtenidos a lo largo de la fase de campo, de las variables morfométricas de los juveniles de tilapia roja. La inclusión de antocianinas con diferentes cargas animales mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) a partir del día 30 para las variables peso corporal, ($F=1.26$; $p= <0.0001$), longitud total ($F=3.06$; $p= 0.0114$) y partir del día 20 para el largo parcial ($F=6.08$; $p= <0.0001$) y ancho ($F=4.85$; $p= 0.0003$). Al final del experimento, se evidenció que el T4 con inclusión de antocianinas al 3% y carga animal de 45 tilapias/m³ superó el resto de tratamientos, en las variables peso corporal ($F=88.3$; $p= <0.0001$), longitud total ($F=10,45$; $p=<0.0001$), longitud parcial ($F=14,80$; $p=<0.0001$) y ancho ($F=13,9$ $p=<0.0001$). Sin embargo, los tratamientos control T1 y T2 sin inclusión de antocianinas presentaron los resultados más bajos durante el experimento.

Tabla 8

Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del Peso (g), Largo total (cm), Largo parcial (cm), Ancho (cm).

| Día | Tratamiento | Peso (g) \pm D. E | F | P | Largo total (cm) \pm D. E | F | P | Largo Parcial (cm) \pm D. E | F | P | Ancho (cm) \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|------------------------------|------|--------|------------------------------|------|--------|-------------------------------|------|--------|-------------------------------|------|--------|
| 0 | T1 | 4.04 \pm 0.27 ^a | 0.1 | 0.9914 | 5.91 \pm 0.21 ^a | 1.62 | 0.1560 | 4.84 \pm 0.33 ^a | 0.20 | 0.9621 | 1.84 \pm 0.19 ^a | 4.18 | 0.0013 |
| | T2 | 4.03 \pm 0.32 ^a | | | 5.86 \pm 0.28 ^a | | | 4.81 \pm 0.22 ^a | | | 1.73 \pm 0.13 ^b | | |
| | T3 | 4.02 \pm 0.34 ^a | | | 5.78 \pm 0.24 ^a | | | 4.79 \pm 0.30 ^a | | | 1.78 \pm 0.09 ^{ab} | | |
| | T4 | 4.05 \pm 0.29 ^a | | | 5.83 \pm 0.26 ^a | | | 4.83 \pm 0.32 ^a | | | 1.85 \pm 0.16 ^a | | |
| | T5 | 4.04 \pm 0.34 ^a | | | 5.77 \pm 0.18 ^a | | | 4.78 \pm 0.25 ^a | | | 1.79 \pm 0.14 ^{ab} | | |
| | T6 | 4.07 \pm 0.28 ^a | | | 5.85 \pm 0.21 ^a | | | 4.80 \pm 0.19 ^a | | | 1.73 \pm 0.12 ^b | | |
| 10 | T1 | 4.78 \pm 0.24 ^a | 1.24 | 0.2911 | 5.79 \pm 0.16 ^a | 2.19 | 0.0571 | 4.90 \pm 0.33 ^a | 0.54 | 0.7459 | 1.95 \pm 0.11 ^a | 2.41 | 0.0381 |
| | T2 | 4.88 \pm 0.32 ^a | | | 6.09 \pm 0.16 ^a | | | 4.98 \pm 0.20 ^a | | | 1.85 \pm 0.12 ^b | | |
| | T3 | 4.74 \pm 0.31 ^a | | | 6.03 \pm 0.28 ^a | | | 5.05 \pm 0.32 ^a | | | 1.91 \pm 0.15 ^{ab} | | |
| | T4 | 4.83 \pm 0.26 ^a | | | 6.01 \pm 0.21 ^a | | | 4.95 \pm 0.15 ^a | | | 1.92 \pm 0.13 ^{ab} | | |

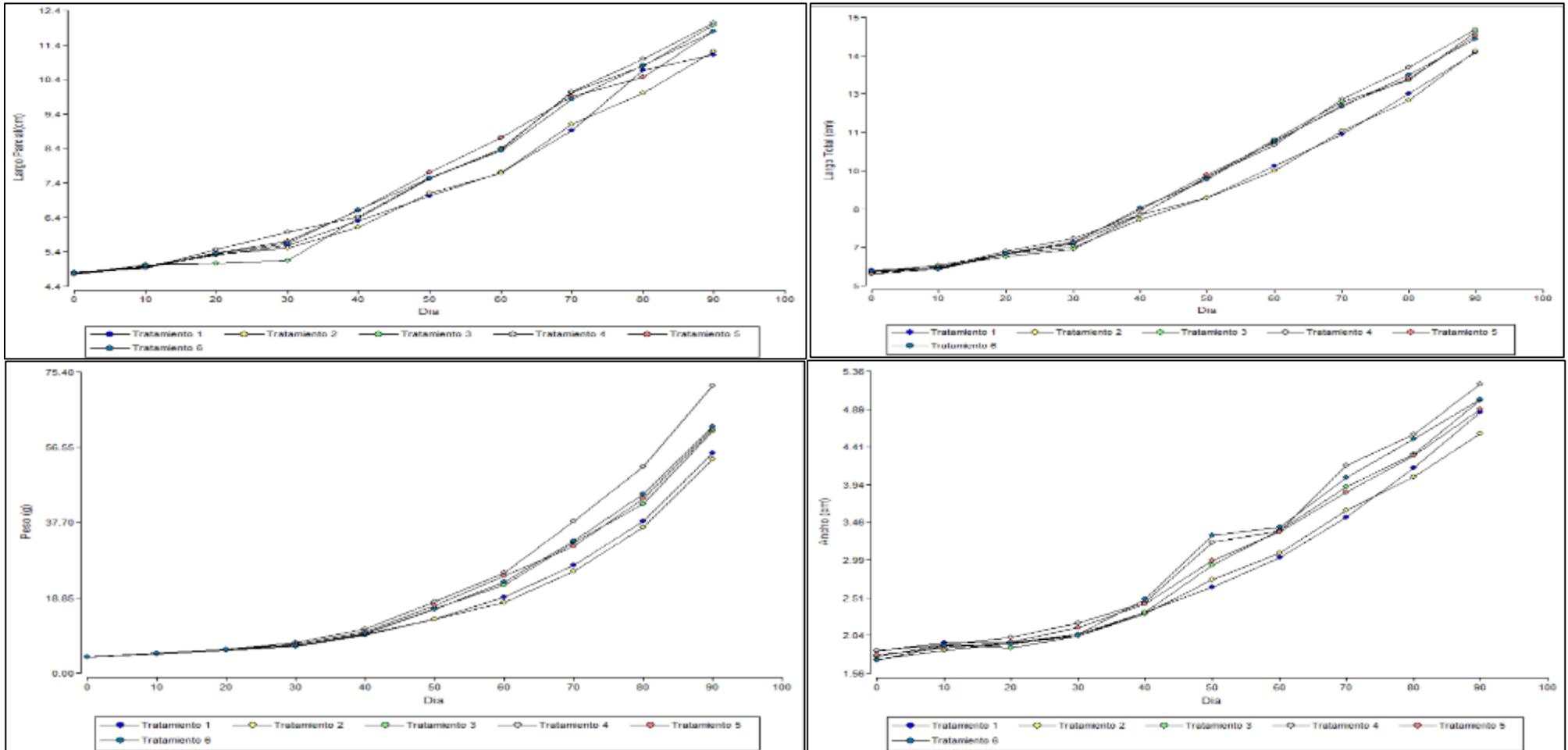
| Día | Tratamiento | Peso (g)± D. E | F | P | Largo total (cm) ± D. E | F | P | Largo Parcial (cm) ± D. E | F | P | Ancho (cm) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|-------|---------|---------------------------|------|---------|---------------------------|------|---------|----------------------------|------|---------|
| 20 | T5 | 4.86 ± 0.19 ^a | 1.26 | 0.2833 | 5.95 ± 0.18 ^a | 1.24 | 0.2932 | 4.99 ± 0.16 ^a | 6.08 | <0.0001 | 1.88 ± 0.11 ^{ab} | 4.85 | 0.0003 |
| | T6 | 4.85 ± 0.29 ^a | | | 5.95 ± 0.18 ^a | | | 5.02 ± 0.25 ^a | | | 1.91 ± 0.11 ^{ab} | | |
| | T1 | 5.72 ± 0.33 ^a | | | 6.56 ± 0.28 ^a | | | 5.34 ± 0.22 ^a | | | 1.94 ± 0.12 ^{ab} | | |
| | T2 | 5.90 ± 0.46 ^a | | | 6.52 ± 0.43 ^a | | | 5.36 ± 0.36 ^a | | | 1.94 ± 0.13 ^{ab} | | |
| | T3 | 5.80 ± 0.46 ^a | | | 6.43 ± 0.40 ^a | | | 5.10 ± 0.36 ^b | | | 1.88 ± 0.15 ^b | | |
| | T4 | 5.94 ± 0.49 ^a | | | 6.63 ± 0.21 ^a | | | 5.50 ± 0.40 ^a | | | 2.02 ± 0.09 ^a | | |
| 30 | T5 | 5.86 ± 0.33 ^a | 7.40 | <0.0001 | 6.55 ± 0.33 ^a | 3.06 | 0.0114 | 5.39 ± 0.25 ^a | 8.05 | <0.0001 | 1.96 ± 0.08 ^{ab} | 4.86 | <0.0001 |
| | T6 | 5.91 ± 0.28 ^a | | | 6.53 ± 0.33 ^a | | | 5.37 ± 0.25 ^a | | | 1.93 ± 0.11 ^b | | |
| | T1 | 6.68 ± 0.47 ^b | | | 6.92 ± 0.48 ^{ab} | | | 5.61 ± 0.48 ^{ab} | | | 2.05 ± 0.23 ^b | | |
| | T2 | 6.89 ± 0.32 ^b | | | 6.77 ± 0.52 ^{ab} | | | 5.54 ± 0.40 ^{bc} | | | 2.04 ± 0.16 ^b | | |
| | T3 | 6.73 ± 0.59 ^b | | | 6.69 ± 0.49 ^b | | | 5.17 ± 0.34 ^c | | | 2.03 ± 0.22 ^b | | |
| | T4 | 7.53 ± 1.09 ^a | | | 7.11 ± 0.50 ^a | | | 5.99 ± 0.43 ^a | | | 2.20 ± 0.18 ^a | | |
| 40 | T5 | 7.14 ± 0.87 ^{ab} | 17.02 | <0.0001 | 6.98 ± 0.50 ^{ab} | 2.36 | 0.0418 | 5.73 ± 0.45 ^{ab} | 6.05 | <0.0001 | 2.13 ± 0.19 ^{ab} | 6.50 | <0.0001 |
| | T6 | 6.89 ± 0.44 ^b | | | 6.94 ± 0.72 ^{ab} | | | 5.67 ± 0.53 ^{ab} | | | 2.05 ± 0.21 ^b | | |
| | T1 | 9.50 ± 0.73 ^c | | | 8.01 ± 0.57 ^{ab} | | | 6.31 ± 0.53 ^b | | | 2.33 ± 0.15 ^{bcd} | | |
| | T2 | 9.67 ± 0.92 ^c | | | 7.82 ± 0.66 ^b | | | 6.14 ± 0.47 ^b | | | 2.31 ± 0.18 ^d | | |
| | T3 | 9.90 ± 0.61 ^{bc} | | | 8.01 ± 0.55 ^{ab} | | | 6.40 ± 0.44 ^{ab} | | | 2.33 ± 0.17 ^{cd} | | |
| | T4 | 11.10 ± 1.09 ^a | | | 8.02 ± 0.43 ^{ab} | | | 6.45 ± 0.32 ^{ab} | | | 2.45 ± 0.17 ^{ab} | | |
| 50 | T5 | 10.33 ± 0.66 ^b | 52.67 | <0.0001 | 8.20 ± 0.60 ^{ab} | 32.7 | <0.0001 | 6.63 ± 0.55 ^a | 14.0 | <0.0001 | 2.43 ± 0.18 ^{abc} | 1.59 | <0.0001 |
| | T6 | 9.80 ± 0.61 ^{bc} | | | 8.26 ± 0.53 ^a | | | 6.64 ± 0.40 ^a | | | 2.49 ± 0.14 ^a | | |
| | T1 | 13.40 ± 1.00 ^c | | | 8.65 ± 0.40 ^b | | | 7.05 ± 0.40 ^b | | | 2.65 ± 0.10 ^d | | |
| | T2 | 13.53 ± 1.01 ^c | | | 8.65 ± 0.37 ^b | | | 7.13 ± 0.45 ^b | | | 2.74 ± 0.12 ^{cd} | | |
| | T3 | 16.20 ± 1.04 ^b | | | 9.42 ± 0.37 ^a | | | 7.55 ± 0.40 ^a | | | 2.92 ± 0.19 ^{bc} | | |
| | T4 | 17.93 ± 1.60 ^a | | | 9.44 ± 0.33 ^a | | | 7.56 ± 0.31 ^a | | | 3.21 ± 0.64 ^a | | |
| 60 | T5 | 16.90 ± 1.53 ^b | 128.8 | <0.0001 | 9.53 ± 0.53 ^a | 34.3 | <0.0001 | 7.73 ± 0.49 ^a | 33.1 | <0.0001 | 2.98 ± 0.23 ^{ab} | 17.2 | <0.0001 |
| | T6 | 16.20 ± 1.40 ^b | | | 9.34 ± 0.35 ^a | | | 7.57 ± 0.34 ^a | | | 3.22 ± 0.23 ^{bc} | | |
| | T1 | 18.97 ± 1.50 ^c | | | 9.86 ± 0.46 ^b | | | 7.73 ± 0.49 ^c | | | 3.02 ± 0.32 ^b | | |
| | T2 | 17.70 ± 0.79 ^d | | | 9.67 ± 0.48 ^b | | | 7.71 ± 0.29 ^c | | | 3.08 ± 0.16 ^b | | |
| | T3 | 22.00 ± 2.13 ^b | | | 10.85 ± 0.95 ^a | | | 8.42 ± 0.44 ^b | | | 3.36 ± 0.30 ^a | | |
| | T4 | 25.13 ± 1.41 ^a | | | 10.65 ± 0.36 ^a | | | 8.30 ± 0.47 ^b | | | 3.35 ± 0.17 ^a | | |

| Día | Tratamiento | Peso (g)± D. E | F | P | Largo total (cm) ± D. E | F | P | Largo Parcial (cm) ± D. E | F | P | Ancho (cm) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|------|---------|----------------------------|------|---------|----------------------------|------|---------|---------------------------|------|---------|
| 70 | T5 | 24.30 ± 2.10 ^a | 88.8 | <0.0001 | 10.75 ± 0.53 ^a | 40.8 | <0.0001 | 8.74 ± 0.56 ^a | 24.9 | <0.0001 | 3.34 ± 0.20 ^a | 18.6 | <0.0001 |
| | T6 | 22.80 ± 1.30 ^b | | | 10.79 ± 0.46 ^a | | | 8.34 ± 0.18 ^b | | | 3.33 ± 0.15 ^a | | |
| | T1 | 26.93 ± 2.96 ^c | | | 11.07 ± 0.39 ^b | | | 8.92 ± 0.42 ^b | | | 3.53 ± 0.20 ^c | | |
| | T2 | 25.40 ± 1.89 ^c | | | 11.19 ± 0.52 ^b | | | 9.12 ± 0.42 ^b | | | 3.61 ± 0.59 ^c | | |
| | T3 | 32.67 ± 3.45 ^b | | | 12.28 ± 0.73 ^a | | | 10.05 ± 0.73 ^a | | | 3.91 ± 0.39 ^b | | |
| | T4 | 38.00 ± 3.71 ^a | | | 12.39 ± 0.65 ^a | | | 10.06 ± 0.60 ^a | | | 4.18 ± 0.26 ^a | | |
| 80 | T5 | 31.77 ± 1.85 ^b | 51.3 | <0.0001 | 12.16 ± 0.31 ^a | 22.3 | <0.0001 | 9.92 ± 0.42 ^a | 5.80 | <0.0001 | 3.84 ± 0.13 ^b | 17.0 | <0.0001 |
| | T6 | 32.97 ± 3.38 ^b | | | 12.12 ± 0.45 ^a | | | 9.83 ± 0.68 ^a | | | 4.03 ± 0.25 ^{ab} | | |
| | T1 | 38.00 ± 2.96 ^c | | | 12.60 ± 0.52 ^c | | | 10.68 ± 1.51 ^a | | | 4.15 ± 0.27 ^{cd} | | |
| | T2 | 36.40 ± 3.22 ^c | | | 12.34 ± 0.53 ^c | | | 10.02 ± 0.74 ^b | | | 4.04 ± 0.26 ^d | | |
| | T3 | 42.30 ± 3.88 ^b | | | 13.10 ± 0.51 ^b | | | 10.81 ± 0.60 ^a | | | 4.32 ± 0.34 ^{bc} | | |
| | T4 | 51.57 ± 5.98 ^a | | | 13.59 ± 0.70 ^a | | | 10.99 ± 0.69 ^a | | | 4.57 ± 0.27 ^a | | |
| 90 | T5 | 43.77 ± 3.82 ^b | 88.3 | <0.0001 | 13.15 ± 0.48 ^c | 10.4 | <0.0001 | 10.48 ± 0.62 ^{ab} | 14.8 | <0.0001 | 4.30 ± 0.21 ^c | 13.9 | <0.0001 |
| | T6 | 44.90 ± 4.87 ^b | | | 13.31 ± 0.60 ^{ab} | | | 10.03 ± 0.50 ^a | | | 4.51 ± 0.30 ^{ab} | | |
| | T1 | 55.13 ± 5.30 ^c | | | 14.16 ± 0.76 ^b | | | 11.13 ± 0.60 ^b | | | 4.85 ± 0.30 ^b | | |
| | T2 | 53.47 ± 5.68 ^c | | | 14.21 ± 0.58 ^b | | | 11.23 ± 0.50 ^b | | | 4.58 ± 0.22 ^c | | |
| | T3 | 60.63 ± 1.61 ^b | | | 14.93 ± 0.66 ^a | | | 11.99 ± 0.56 ^a | | | 5.00 ± 0.29 ^{ab} | | |
| | T4 | 72.00 ± 2.52 ^a | | | 15.03 ± 0.57 ^a | | | 12.05 ± 0.44 ^a | | | 5.20 ± 0.23 ^a | | |
| | T5 | 61.17 ± 3.38 ^b | | | 14.81 ± 0.83 ^a | | | 11.81 ± 0.78 ^a | | | 4.89 ± 0.48 ^b | | |
| | T6 | 61.70 ± 2.79 ^b | | | 14.68 ± 0.44 ^a | | | 11.80 ± 0.48 ^a | | | 5.01 ± 0.25 ^{ab} | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente (Tukey, α 0,05)

Figura 20

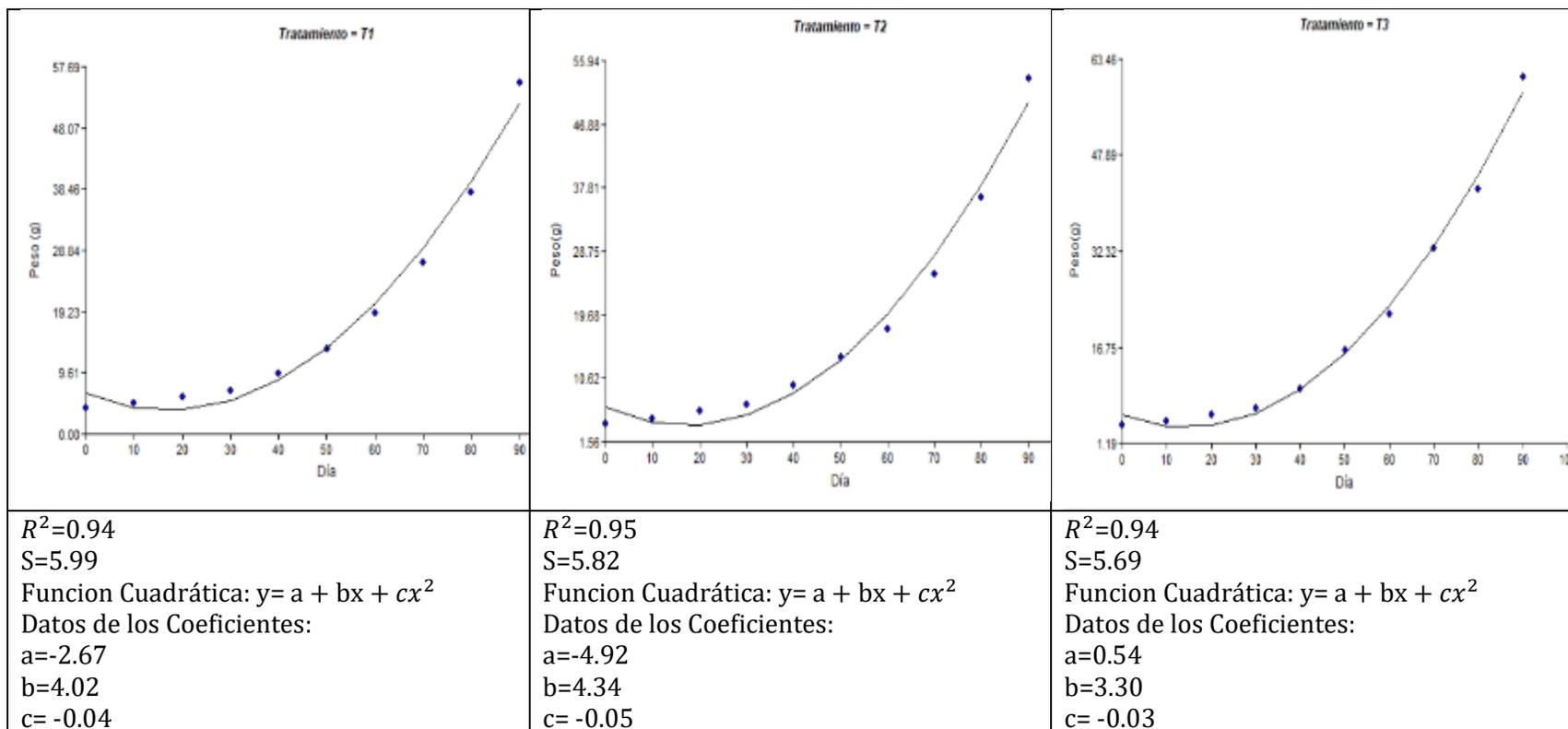
Media \pm Desviación Estándar del Peso (g), Largo total(cm), Largo parcial(cm) y Ancho(cm).

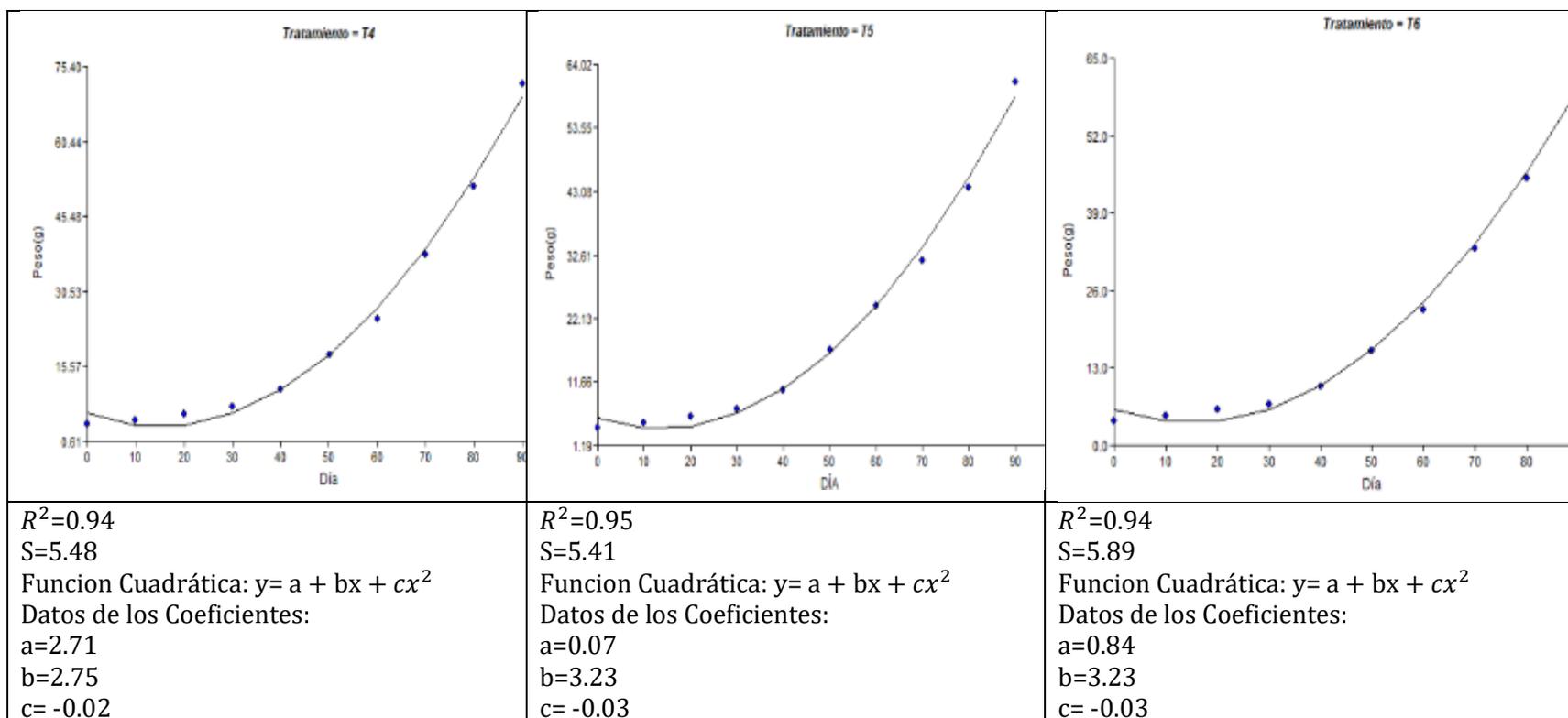


Nota. Autoría propia

Figura 21

Regresión lineal de segundo grado en la fase de campo de la variable peso para los diferentes tratamientos.





Nota. Autoría propia

Londoño & Sánchez (2015) Mencionan que el coeficiente de correlación de Pearson, nos permite determinar el grado de relación de 2 variables siempre y cuando estas sean cuantitativas y continuas. Determinando que todos los tratamientos presentaron una correlación positiva entre la variable peso corporal y los días que duró la fase de campo. El T2 y T5 fueron los tratamientos con mayor correlación $R^2=0.95$, demostrando que sus modelos son muy fiables para previsiones futuras

Al finalizar la parte experimental se observó que el T4 con inclusión de antocianinas al 3% y una carga animal de 45 Tilapias rojas (*Oreochromis* sp.), presentó mayor peso promedio (72.0 ± 2.52^c), según Lizárraga (2018) la inclusión de antocianinas, mejora el sistema inmune, reduce el estrés oxidativo generado tanto por el trabajador como por las variaciones ambientales, mejorando la salud del animal.

Teniendo en cuenta que las Tilapias cuando se estresan reducen la ingesta de alimento hasta por dos días. Según Rodríguez (2012) el estrés disminuye la actividad de la encima tiroidea y la administración exógena de hormonas tiroideas reduciendo su crecimiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Bustamante (2017), en su evaluación el efecto de 4 densidades podemos contrastar que sus mejores resultados fueron en densidades de 30 peces/m³ siendo su densidad más baja, sin embargo, en el presente estudio se demostró que la mayor ganancia de peso se la obtuvo con densidades mayores, de 45 peces/m³, considerándose un sistema intensivo. Complementando Fraga et al. (2012) determinan que entre menor densidad mayor será la ganancia de peso.

Evidenciándose que con el uso de antocianinas se puede mejorar los rendimientos incluso en altas densidades poblacionales.

En cuanto a las variables, largo total, parcial y ancho los tratamientos con inclusión de antocianinas mostraron una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) sobre los tratamientos control con balanceado comercial según Rodríguez (2012) la salud es fundamental para mejores rendimientos, siendo un factor fundamental para la mayor ingesta de alimento y aprovechamiento de nutrientes, la carencia de antocianinas en la dieta puede generar la aparición del cortisol afectando la actividad inmunitaria por sus efectos inmunosupresores reduciendo el correcto desarrollo.

Rengifo (2020) menciona en su estudio que se obtuvo un peso promedio de $(39.65 \pm 0.63g)$, longitud total de $(12.34 \pm 0.28cm)$, longitud parcial $(9.95 \pm 0.21cm)$ y ancho de $(3.99 \pm 0.14cm)$ valores superiores se registraron en el presente proyecto, obteniendo un peso promedio de $(72.0 \pm 2.52g)$, longitud total $(15.03 \pm 0.57cm)$, longitud parcial $(12.05 \pm 0.44cm)$ y anchos de $(5.20 \pm 0.23cm)$ evidenciando que la inclusión de antocianinas no solo mejora la salud de la tilapia si no también su rendimiento incluso frente a las variaciones ambientales y al deterioro de las mismas, Ornelas *et al.* (2017) afirman que es necesario el uso de tecnologías verdes en la producción acuícola para ser más eficientes y más responsables con el medio ambiente.

Parámetros Productivos

En la tabla 9, se muestran los resultados obtenidos a lo largo de la fase de campo, de las variables productivas de los juveniles de tilapia roja. La inclusión de antocianinas con diferentes cargas animales mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en a partir del día 30 para las variables FCA ($F=5.18$; $p= 0.0002$), ECA ($F=6.38$; $p=<0.0001$) y TCE ($F=5.39$; $p=0.0001$). Al final del experimento, se evidencio que el T4 con inclusión de antocianinas al 3% y carga animal de 45 tilapias/m³ superó el resto de tratamientos, en las variables, factor de conversión alimenticia FCA ($F=88.3$; $p= <0.0001$), eficiencia de conversión alimenticia ECA ($F=3.00$; $p=0.0126$). Sin embargo, los tratamientos control T1 y T2 sin inclusión de antocianinas presentaron bajos resultados durante el experimento.

Tabla 9

Media ± Desviación Estándar, F y p-valor del FCA, ECA (%), TCE (%).

| Día | Tratamiento | FCA (g)± D. E | F | P | ECA (%) ± D. E | F | P | TCE (%) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|--------------------------|------|--------|---------------------------|------|--------|--------------------------|------|--------|
| 10 | T1 | 2.83 ± 0.80 ^a | 1.02 | 0.4072 | 38.36 ± 0.11 ^a | 0.81 | 0.5454 | 1.68 ± 0.63 ^a | 0.68 | 0.6387 |
| | T2 | 2.59 ± 0.79 ^a | | | 42.62 ± 0.14 ^a | | | 1.93 ± 0.66 ^a | | |
| | T3 | 2.89 ± 0.77 ^a | | | 36.74 ± 0.08 ^a | | | 1.67 ± 0.47 ^a | | |
| | T4 | 2.57 ± 0.59 ^a | | | 40.99 ± 0.09 ^a | | | 1.77 ± 0.60 ^a | | |
| | T5 | 2.75 ± 1.02 ^a | | | 41.50 ± 0.14 ^a | | | 1.86 ± 0.78 ^a | | |
| | T6 | 2.95 ± 1.14 ^a | | | 40.25 ± 0.18 ^a | | | 1.77 ± 0.91 ^a | | |
| 20 | T1 | 3.39 ± 0.76 ^a | 0.59 | 0.7075 | 31.57 ± 0.09 ^a | 0.81 | 0.5475 | 1.80 ± 0.52 ^a | 0.55 | 0.7380 |
| | T2 | 3.20 ± 0.85 ^a | | | 34.03 ± 0.10 ^a | | | 1.89 ± 0.55 ^a | | |
| | T3 | 3.10 ± 0.96 ^a | | | 36.87 ± 0.17 ^a | | | 2.01 ± 0.36 ^a | | |
| | T4 | 3.07 ± 0.98 ^a | | | 37.14 ± 0.14 ^A | | | 2.06 ± 1.04 ^a | | |
| | T5 | 3.33 ± 1.02 ^a | | | 33.42 ± 0.12 ^a | | | 1.87 ± 0.74 ^a | | |
| | T6 | 3.15 ± 1.00 ^a | | | 35.27 ± 0.12 ^a | | | 1.98 ± 0.66 ^a | | |

| Día | Tratamiento | FCA (g)± D. E | F | P | ECA (%) ± D. E | F | P | TCE (%) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|-------|---------|----------------------------|-------|---------|---------------------------|-------|---------|
| 30 | T1 | 3.31 ± 0.77 ^a | 5.18 | 0.0002 | 32.42 ± 0.09 ^b | 6.38 | <0.0001 | 1.54 ± 0.69 ^b | 5.39 | 0.0001 |
| | T2 | 3.29 ± 0.93 ^a | | | 32.97 ± 0.10 ^b | | | 1.57 ± 0.47 ^b | | |
| | T3 | 3.62 ± 0.89 ^a | | | 30.84 ± 0.14 ^b | | | 1.47 ± 0.54 ^b | | |
| | T4 | 2.51 ± 1.17 ^b | | | 53.12 ± 0.32 ^a | | | 2.31 ± 0.64 ^a | | |
| | T5 | 2.99 ± 1.13 ^{ab} | | | 42.08 ± 0.26 ^{ab} | | | 1.92 ± 1.23 ^{ab} | | |
| | T6 | 3.38 ± 0.94 ^a | | | 32.63 ± 0.11 ^b | | | 1.52 ± 1.08 ^b | | |
| 40 | T1 | 2.27 ± 0.56 ^a | 4.51 | 0.0007 | 46.98 ± 0.13 ^b | 5.32 | 0.0001 | 3.51 ± 0.50 ^a | 2.30 | 0.0471 |
| | T2 | 2.31 ± 0.64 ^a | | | 46.24 ± 0.12 ^b | | | 3.35 ± 0.94 ^a | | |
| | T3 | 2.00 ± 0.55 ^{ab} | | | 52.89 ± 0.12 ^{ab} | | | 3.88 ± 0.73 ^a | | |
| | T4 | 1.80 ± 0.51 ^b | | | 59.45 ± 0.15 ^a | | | 3.92 ± 0.92 ^a | | |
| | T5 | 1.96 ± 0.46 ^{ab} | | | 53.21 ± 0.10 ^{ab} | | | 3.74 ± 1.12 ^a | | |
| | T6 | 2.16 ± 0.46 ^{ab} | | | 48.51 ± 0.10 ^b | | | 3.52 ± 0.84 ^a | | |
| 50 | T1 | 2.43 ± 0.49 ^a | 36.09 | <0.0001 | 43.31 ± 0.09 ^b | 30.18 | <0.0001 | 3.44 ± 0.70 ^b | 19.38 | <0.0001 |
| | T2 | 2.48 ± 0.61 ^a | | | 42.94 ± 0.10 ^b | | | 3.38 ± 0.69 ^b | | |
| | T3 | 1.51 ± 0.37 ^b | | | 70.02 ± 0.15 ^a | | | 4.90 ± 0.81 ^a | | |
| | T4 | 1.41 ± 0.39 ^b | | | 75.94 ± 0.19 ^a | | | 4.81 ± 0.91 ^a | | |
| | T5 | 1.46 ± 0.38 ^b | | | 72.98 ± 0.17 ^a | | | 4.90 ± 1.22 ^a | | |
| | T6 | 1.56 ± 0.45 ^b | | | 68.53 ± 0.14 ^a | | | 4.86 ± 0.98 ^a | | |
| 60 | T1 | 2.26 ± 0.50 ^b | 30.43 | <0.0001 | 46.39 ± 0.10 ^c | 21.73 | <0.0001 | 3.47 ± 0.93 ^{ab} | 6.41 | <0.0001 |
| | T2 | 2.93 ± 0.39 ^a | | | 34.71 ± 0.04 ^d | | | 2.70 ± 0.72 ^c | | |
| | T3 | 2.21 ± 0.57 ^b | | | 48.33 ± 0.13 ^{bc} | | | 3.06 ± 0.44 ^{bc} | | |
| | T4 | 1.76 ± 0.41 ^c | | | 60.00 ± 0.15 ^a | | | 3.40 ± 0.78 ^{ab} | | |
| | T5 | 1.78 ± 0.59 ^c | | | 61.67 ± 0.18 ^a | | | 3.64 ± 0.95 ^a | | |
| | T6 | 1.84 ± 0.45 ^c | | | 56.95 ± 0.12 ^{ab} | | | 3.58 ± 1.11 ^{ab} | | |
| 70 | T1 | 2.00 ± 0.52 ^a | 13.96 | <0.0001 | 54.96 ± 0.20 ^c | 17.21 | <0.0001 | 3.48 ± 0.87 ^a | 7.93 | <0.0001 |
| | T2 | 1.98 ± 0.41 ^{ab} | | | 53.13 ± 0.13 ^c | | | 3.60 ± 1.13 ^a | | |
| | T3 | 1.48 ± 0.50 ^c | | | 73.59 ± 0.20 ^b | | | 3.94 ± 0.78 ^a | | |
| | T4 | 1.26 ± 0.45 ^c | | | 88.74 ± 0.27 ^a | | | 4.10 ± 1.14 ^a | | |
| | T5 | 2.10 ± 0.57 ^a | | | 51.52 ± 0.15 ^c | | | 2.70 ± 0.83 ^b | | |
| | T6 | 1.62 ± 0.62 ^{bc} | | | 70.14 ± 0.24 ^b | | | 3.65 ± 1.14 ^a | | |

| Día | Tratamiento | FCA (g)± D. E | F | P | ECA (%) ± D. E | F | P | TCE (%) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|------|--------|----------------------------|------|--------|---------------------------|------|--------|
| 80 | T1 | 1.53 ± 0.57 ^a | 1.59 | 0.1658 | 73.78 ± 0.20 ^{ab} | 2.93 | 0.0145 | 3.47 ± 0.97 ^a | 3.43 | 0.0056 |
| | T2 | 1.52 ± 0.51 ^a | | | 73.33 ± 0.22 ^{ab} | | | 3.59 ± 0.99 ^a | | |
| | T3 | 1.73 ± 0.51 ^a | | | 64.23 ± 0.21 ^b | | | 2.60 ± 0.88 ^b | | |
| | T4 | 1.37 ± 0.60 ^a | | | 90.45 ± 0.41 ^a | | | 3.03 ± 1.30 ^{ab} | | |
| | T5 | 1.40 ± 0.46 ^a | | | 80.00 ± 0.25 ^{ab} | | | 3.18 ± 0.94 ^{ab} | | |
| | T6 | 1.54 ± 0.73 ^a | | | 79.56 ± 0.35 ^{ab} | | | 3.08 ± 1.29 ^{ab} | | |
| 90 | T1 | 1.53 ± 0.51 ^{ab} | 2.87 | 0.0162 | 71.40 ± 0.19 ^b | 3.00 | 0.0126 | 3.71 ± 0.92 ^a | 1.88 | 0.1002 |
| | T2 | 1.56 ± 0.52 ^a | | | 71.11 ± 0.22 ^b | | | 3.83 ± 1.11 ^a | | |
| | T3 | 1.35 ± 0.26 ^{ab} | | | 76.38 ± 0.13 ^{ab} | | | 3.64 ± 0.79 ^a | | |
| | T4 | 1.24 ± 0.30 ^b | | | 85.14 ± 0.22 ^a | | | 3.40 ± 1.10 ^a | | |
| | T5 | 1.45 ± 0.39 ^{ab} | | | 72.50 ± 0.15 ^{ab} | | | 3.37 ± 0.78 ^a | | |
| | T6 | 1.50 ± 0.37 ^{ab} | | | 70.02 ± 0.13 ^b | | | 3.22 ± 0.78 ^a | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$)

En la tabla 9 se puede observar como en el día 90 existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para las variables factor de conversión alimenticia (FCA) y eficiencia de conversión alimenticia (ECA) mientras que en la variable tasa de crecimiento específico (TCE) no existió diferencia significativa entre tratamientos. El T4 con inclusión de Antocianinas al 3% y una carga animal de 45 Tilapias rojas (*Oreochromis* sp), presentó un mejor FCA de (1.24 ± 0.30) y un ECA de (85.14 ± 0.22) . Vega et al. (2010) afirman que en altas densidades ≥ 45 organismos/m² el FCA puede alcanzar valores de 1.66, mientras que Quezada & Guzmán (2020) menciona que en su estudio se obtuvieron, factores de conversación alimenticia (FCA) de 1.24 y eficiencias de conversión alimenticia (ECA) de 85.44%, valores similares a los obtenidos en el presente estudio. A. Barragán et al. (2017) indican en su estudio valores de (TCE) de 1.50 ± 0.17 con inclusión de harinas vegetales con 40,5 % de proteína y por lo contrario P. Sánchez (2013) manifiestan que, con la inclusión de proteína animal, la tasa de crecimiento (TCE) puede llegar hasta 3.72% valores similares a los obtenidos, en la presente investigación podemos observar las mejores tasas de crecimiento en la semana 5.

En la tabla 10, se muestran los resultados obtenidos a lo largo de la fase de campo, la inclusión de Antocianinas y diferentes cargas animales mostraron diferencia significativa a partir de la semana 30 para las variables GP e ICC ($F=3.01$; $p= 0.0125$), ($F=6.94$; $p<0.0001$) respectivamente para la semana 90.

Tabla 10

Media \pm Desviación Estándar, F y p-valor del GP(g), ICC.

| Día | Tratamiento | GP (g) \pm D. E | F | P | ICC \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|-------------------|------|--------|-------------------|------|--------|
| 10 | T1 | 0.07 ± 0.03^a | 0.87 | 0.5039 | 2.25 ± 0.18^a | 2.01 | 0.0799 |
| | T2 | 0.09 ± 0.03^a | | | 2.18 ± 0.24^a | | |
| | T3 | 0.07 ± 0.02^a | | | 2.19 ± 0.30^a | | |
| | T4 | 0.08 ± 0.03^a | | | 2.24 ± 0.26^a | | |
| | T5 | 0.08 ± 0.03^a | | | 2.31 ± 0.18^a | | |
| | T6 | 0.08 ± 0.04^a | | | 2.32 ± 0.21^a | | |

| Día | Tratamiento | GP (g) ± D. E | F | P | ICC ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|-------|---------|----------------------------|------|---------|
| 20 | T1 | 0.10 ± 0.03 ^a | 0.56 | 0.7306 | 2.04 ± 0.25 ^a | 1.95 | 0.0886 |
| | T2 | 0.10 ± 0.03 ^a | | | 2.17 ± 0.36 ^a | | |
| | T3 | 0.11 ± 0.06 ^a | | | 2.22 ± 0.36 ^a | | |
| | T4 | 0.11 ± 0.05 ^a | | | 2.04 ± 0.14 ^a | | |
| | T5 | 0.10 ± 0.04 ^a | | | 2.11 ± 0.26 ^a | | |
| | T6 | 0.11 ± 0.04 ^a | | | 2.15 ± 0.30 ^a | | |
| 30 | T1 | 0.10 ± 0.03 ^b | 6.24 | <0.0001 | 2.06 ± 0.36 ^a | 3.07 | 0.0110 |
| | T2 | 0.10 ± 0.03 ^b | | | 2.29 ± 0.50 ^a | | |
| | T3 | 0.09 ± 0.04 ^b | | | 2.31 ± 0.53 ^a | | |
| | T4 | 0.16 ± 0.10 ^a | | | 2.11 ± 0.22 ^a | | |
| | T5 | 0.13 ± 0.08 ^{ab} | | | 2.13 ± 0.32 ^a | | |
| | T6 | 0.10 ± 0.04 ^b | | | 2.16 ± 0.55 ^a | | |
| 40 | T1 | 0.28 ± 0.08 ^b | 5.32 | 0.0001 | 1.88 ± 0.32 ^{ab} | 3.07 | 0.0110 |
| | T2 | 0.28 ± 0.08 ^b | | | 2.07 ± 0.43 ^{ab} | | |
| | T3 | 0.32 ± 0.07 ^{ab} | | | 1.98 ± 0.43 ^{ab} | | |
| | T4 | 0.36 ± 0.09 ^a | | | 2.17 ± 0.29 ^a | | |
| | T5 | 0.32 ± 0.06 ^{ab} | | | 1.93 ± 0.39 ^{ab} | | |
| | T6 | 0.29 ± 0.06 ^b | | | 1.80 ± 0.58 ^b | | |
| 50 | T1 | 0.39 ± 0.08 ^b | 30.13 | <0.0001 | 2.09 ± 0.30 ^{abc} | 5.21 | 0.0002 |
| | T2 | 0.39 ± 0.09 ^b | | | 2.10 ± 0.21 ^{ab} | | |
| | T3 | 0.63 ± 0.14 ^a | | | 1.95 ± 0.20 ^c | | |
| | T4 | 0.68 ± 0.18 ^a | | | 2.13 ± 0.22 ^a | | |
| | T5 | 0.66 ± 0.15 ^a | | | 1.96 ± 0.18 ^{bc} | | |
| | T6 | 0.62 ± 0.13 ^a | | | 1.97 ± 0.18 ^{bc} | | |
| 60 | T1 | 0.56 ± 0.13 ^c | 21.71 | <0.0001 | 1.99 ± 0.22 ^{ab} | 6.06 | <0.0001 |
| | T2 | 0.42 ± 0.05 ^d | | | 2.00 ± 0.33 ^{ab} | | |
| | T3 | 0.58 ± 0.16 ^{bc} | | | 1.78 ± 0.43 ^c | | |
| | T4 | 0.72 ± 0.19 ^a | | | 2.09 ± 0.25 ^a | | |
| | T5 | 0.74 ± 0.23 ^a | | | 1.97 ± 0.22 ^{ab} | | |
| | T6 | 0.68 ± 0.15 ^{ab} | | | 1.83 ± 0.18 ^{bc} | | |
| 70 | T1 | 0.80 ± 0.30 ^c | 17.21 | <0.0001 | 1.99 ± 0.27 ^{ab} | 9.20 | <0.0001 |
| | T2 | 0.77 ± 0.20 ^c | | | 1.82 ± 0.17 ^c | | |
| | T3 | 1.07 ± 0.29 ^b | | | 1.78 ± 0.23 ^c | | |
| | T4 | 1.29 ± 0.40 ^a | | | 2.01 ± 0.32 ^a | | |
| | T5 | 0.75 ± 0.22 ^c | | | 1.77 ± 0.14 ^c | | |
| | T6 | 1.02 ± 0.36 ^b | | | 1.85 ± 0.11 ^{bc} | | |
| 80 | T1 | 1.11 ± 0.30 ^{ab} | 2.93 | 0.0146 | 1.91 ± 0.17 ^b | 4.26 | 0.0011 |
| | T2 | 1.10 ± 0.33 ^{ab} | | | 1.94 ± 0.15 ^b | | |
| | T3 | 0.96 ± 0.32 ^b | | | 1.89 ± 0.19 ^b | | |
| | T4 | 1.36 ± 0.62 ^a | | | 2.06 ± 0.21 ^a | | |
| | T5 | 1.20 ± 0.39 ^{ab} | | | 1.93 ± 0.15 ^b | | |
| | T6 | 1.19 ± 0.53 ^{ab} | | | 1.90 ± 0.15 ^b | | |
| | T1 | 1.71 ± 0.46 ^b | | | 1.96 ± 0.23 ^b | | |
| | T2 | 1.71 ± 0.53 ^b | | | 1.86 ± 0.13 ^b | | |

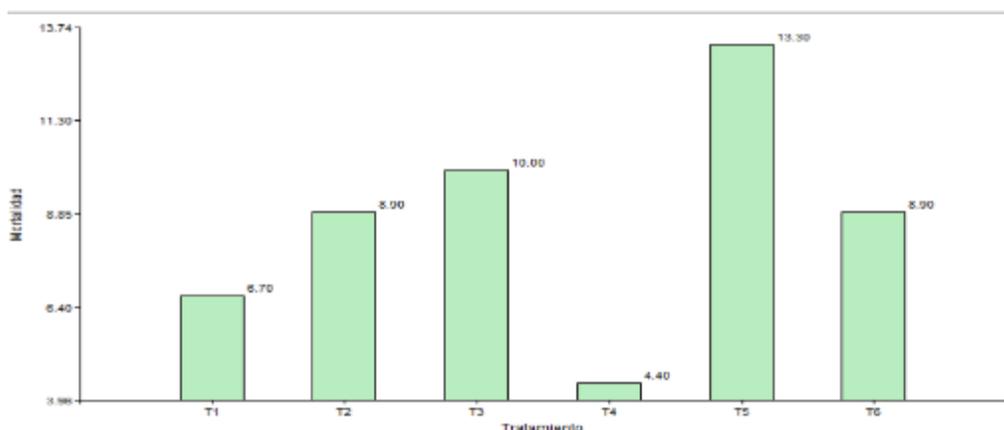
| Día | Tratamiento | GP (g) ± D. E | F | P | ICC ± D. E | F | P |
|-----|-------------|---------------------------|------|--------|--------------------------|------|---------|
| 90 | T3 | 1.83 ± 0.33 ^{ab} | 3.01 | 0.0125 | 1.84 ± 0.23 ^b | 6.94 | <0.0001 |
| | T4 | 2.04 ± 0.55 ^a | | | 2.14 ± 0.25 ^a | | |
| | T5 | 1.74 ± 0.36 ^{ab} | | | 1.91 ± 0.26 ^b | | |
| | T6 | 1.68 ± 0.33 ^b | | | 1.96 ± 0.20 ^b | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

En la tabla 10 se puede observar que el T4 con inclusión de Antocianinas al 3% y una carga animal de 45 Tilapias rojas/m³ (*Oreochromis* sp), presentó una mejor ganancia de peso (GP) de (2.04 ± 0.55) y un mejor índice de condición corporal de (2.14 ± 0.25). Ramos (2004) menciona en su investigación que la ganancia de peso diario varía según el tipo de cultivo, en monocultivos la ganancia de peso diario es de 1.40 g mientras que en policultivos 1.70 g valores inferiores a los obtenidos en el estudio. Cifuentes et al. (2012) mencionan que los índices de condición corporal adecuados para los peces varían de 2 a 3, encontrado los valores obtenidos dentro del rango óptimo, sin embargo, Santoyo *et al.* (2019) plantean que el índice de condición corporal nos permite determinar la relación volumétrica en función de la longitud y peso, si no conocer el grado de bienestar o robustez del animal. Mortalidad

Figura 22

Tasa de mortalidad acumulada (%) de (*Oreochromis* sp), para los distintos tratamientos al culminar la experimentación.

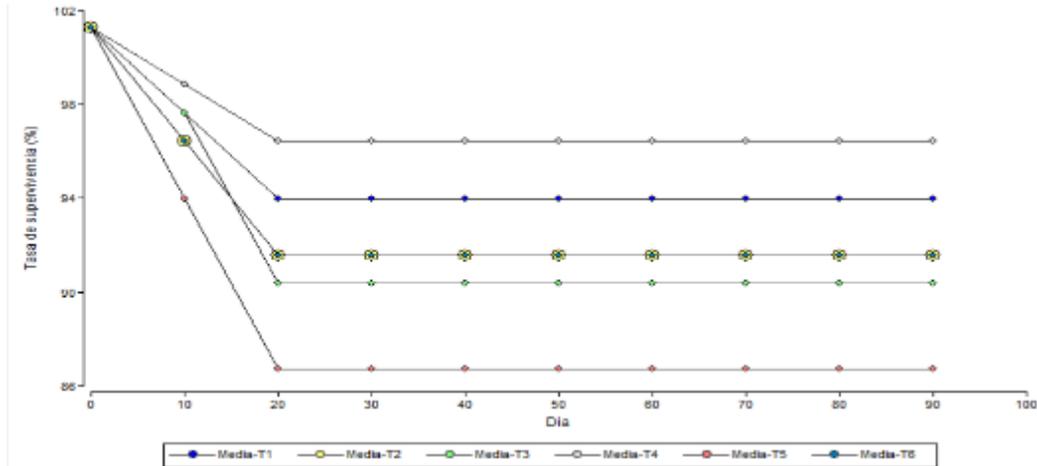


Nota. Autoría propia

Supervivencia

Figura 23

Comportamiento de la tasa de supervivencia (%) de (*Oreochromis* sp)



Nota. Autoría propia

La tasa de supervivencia mostró diferencia significativa para los diferentes tratamientos ($F=6.67$; $p=0,0001$), evidenciando que el T4 fue el que mayor tasa de supervivencia con 95.56 %, J. Ramos (2017) destaca en su estudio que obtuvo tasas de supervivencia del 80 hasta 98 %, encontrado nuestros valores dentro de los rangos mencionados, sin embargo, menciona que existe una relación inversamente proporcional entre la tasa de supervivencia y la densidad de carga.

Parámetros Hematológicas

Hematocrito

El porcentaje de hematocrito no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F=2.69$; $p=0,0840$) como se indica en la tabla 11.

Tabla 11

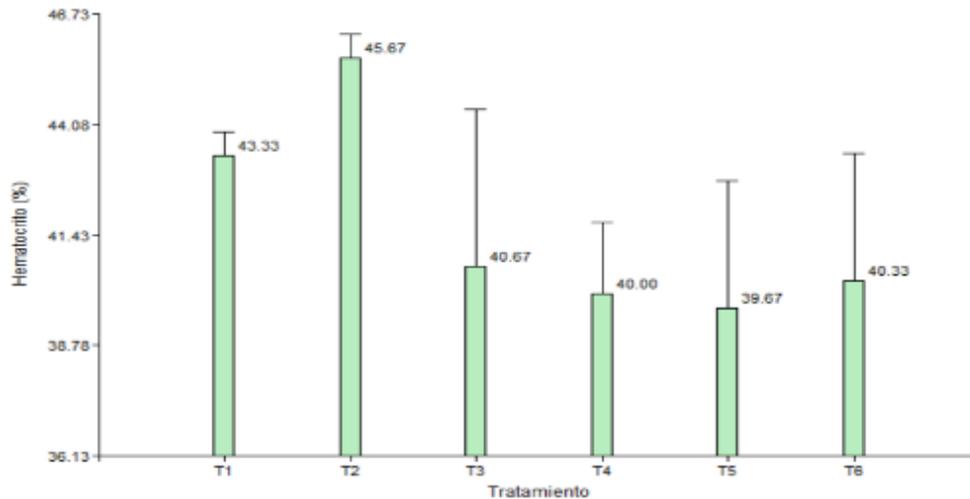
Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de hematocrito

| Día | Tratamiento | Hematocrito (%) \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|-------------------------------|------|-------|
| 90 | T1 | 43.33 \pm 1.15 ^a | 2.69 | 0.084 |
| | T2 | 45.33 \pm 4.04 ^a | | |
| | T3 | 40.67 \pm 3.79 ^a | | |
| | T4 | 40.00 \pm 1.73 ^a | | |
| | T5 | 39.67 \pm 3.06 ^a | | |
| | T6 | 40.33 \pm 3.06 ^a | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figura 24

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de hematocrito



Nota. Autoría propia

El análisis de sangre es de suma importancia porque nos permite conocer el estado de salud de las Tilapias. En el presente estudio se realizó análisis de sangre para determinar el porcentaje de Hematocrito el cual no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Sin embargo, el T2 presentó valores mayores al 44% evidenciando presencia de

estrés, mientras que el tratamiento T1 presentó valores cercanos al 44%. Los rangos obtenidos para el resto de tratamientos van desde 39.33 % a 40.67 %, Villaseñor (2016) en su estudio menciona que los rangos óptimos van desde el 27% a 44%, valores inferiores indicarían la presencia de una infección o desnutrición mientras que valores superiores indicarían la presencia de deshidratación.

Hahn von Hessberg (2014) mencionan que valores superiores al 44% pueden deberse a hipoxia o efectos de estrés, pero destaca que el hematocrito puede variar según la edad, género calidad de agua e incluso la dieta. Evidenciando como la inclusión de antocianas evita la presencia de estrés en los peces a pesar de las altas densidades de carga animal, permitiéndonos mantener una correcta salud de la Tilapia.

Proteína Total

El porcentaje de Proteína total presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamientos ($F=14.74$; $p=0,0001$) como se indica en la tabla 12.

Tabla 12

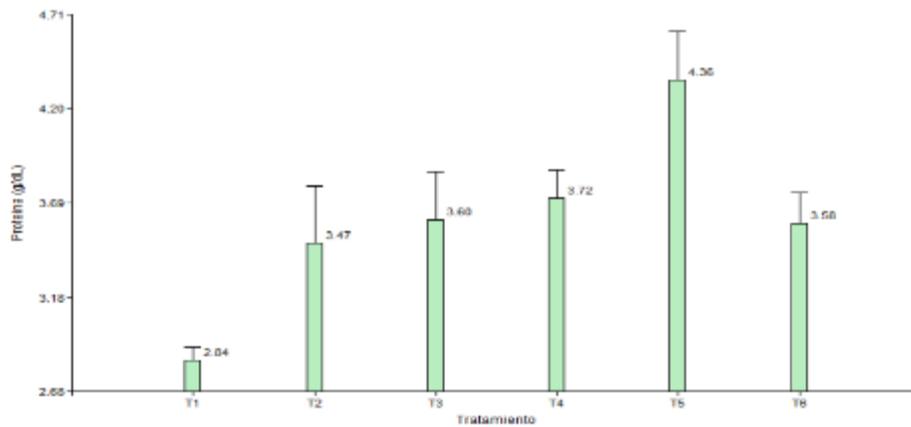
Promedio \pm desviación estándar de Proteína total (g/dL)

| Día | Tratamiento | Proteína total (g/dL) \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|----------------------------------|-------|--------|
| 90 | T1 | 2.84 \pm 0.07 ^c | 13.29 | 0.0004 |
| | T2 | 3.47 \pm 0.31 ^{bc} | | |
| | T3 | 3.60 \pm 0.26 ^b | | |
| | T4 | 3.72 \pm 0.15 ^{ab} | | |
| | T5 | 4.36 \pm 0.26 ^a | | |
| | T6 | 3.58 \pm 0.17 ^b | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figura 25

Promedio \pm desviación estándar de Proteína total (g/dL)



Nota. Autoría propia

Zambrano (2020) menciona que es de vital importancia conocer el valor de la proteína total ya que es el indicador bioquímico que nos muestra la condición de salud y condición nutricional de la Tilapia.

Crivelenti *et al.* (2012) mencionan, que los rangos óptimos de proteína total en la sangre varían entre los 2.18 g/dL a 4.49 g/dL encontrando todas las variables dentro del rango óptimo, sin embargo, se observa como en el T5 suplementado con 5% de antocianinas y una carga animal de 30 tilapias, presenta mayor nivel de proteína 4.36 (g/dL), Haghini (2014) menciona en su estudio que el uso de extractos provenientes de plantas puede elevar los valores de proteína total en la sangre.

Albumina

El nivel de albumina no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F= 0.91$; $p= 0,5096$) como se indica en la tabla 13.

Tabla 13

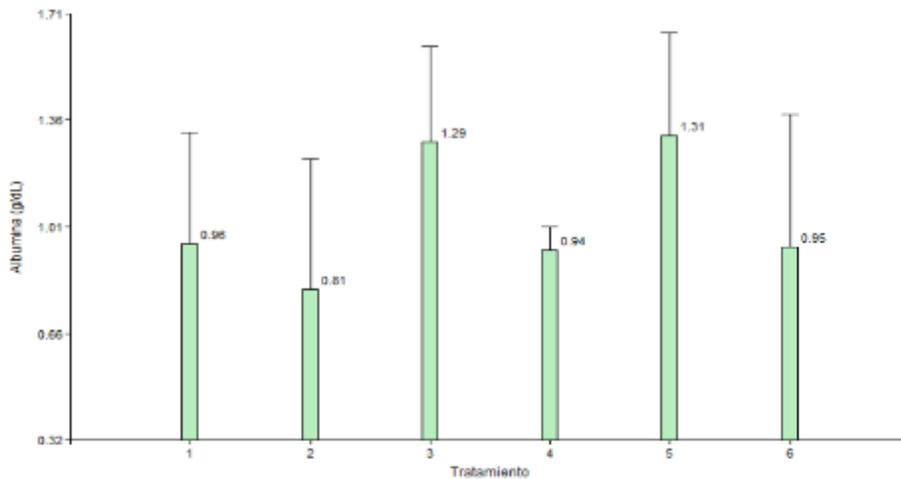
Promedio ± desviación estándar de Albumina (g/dL)

| Día | Tratamiento | Albumina (g/dL) ± D. E | F | P |
|-----|-------------|--------------------------|------|--------|
| 90 | T1 | 0.96 ± 0.36 ^a | 0.91 | 0.5096 |
| | T2 | 0.81 ± 0.43 ^a | | |
| | T3 | 1.29 ± 0.31 ^a | | |
| | T4 | 0.94 ± 0.07 ^a | | |
| | T5 | 1.31 ± 0.34 ^a | | |
| | T6 | 0.95 ± 0.43 ^a | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figura 26

Promedio ± desviación estándar de Albumina (g/dL)



Nota. Autoría propia.

Zambrano (2020) indica que los aumentos anormales de albumina pueden ser ocasionados o estar relacionados por deshidratación que provoca la reducción en el contenido del agua plasmática. Hrubec *et al.* (2008) mencionan que los rangos de albumina no debe pasar los 2.6 g/dL mientras que Crivelenti *et al.* (2012) mencionan que los niveles mínimos de

albumina no deben ser menores a 0.67 g/dL. En el presente estudio se observa como todos los valores se encuentran en los rangos óptimos a pesar de su diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Glucosa

El nivel de glucosa presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F= 25.93$; $p= <0,0001$) como se indica en la tabla 14.

Tabla 14

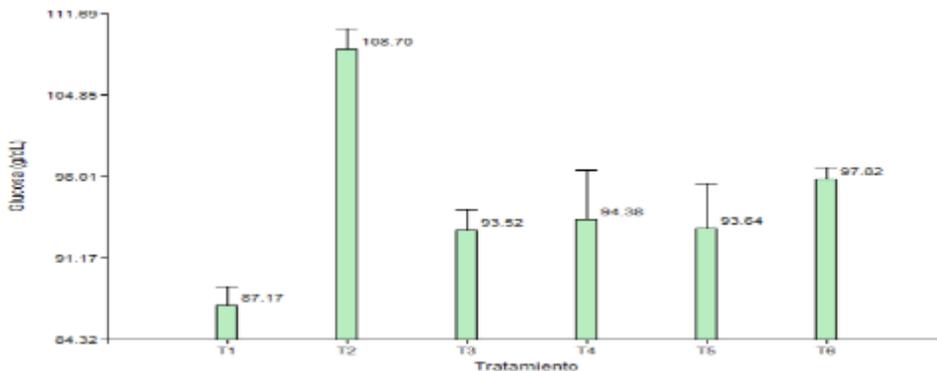
Promedio \pm desviación estándar de Glucosa (g/dL)

| Día | Tratamiento | Glucosa (g/dL) \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|--------------------------------|-------|---------|
| 90 | T1 | 87.17 \pm 1.61 ^c | 25.93 | <0.0001 |
| | T2 | 108.70 \pm 1.75 ^a | | |
| | T3 | 93.52 \pm 1.74 ^{bc} | | |
| | T4 | 94.38 \pm 4.16 ^b | | |
| | T5 | 93.64 \pm 3.77 ^{bc} | | |
| | T6 | 97.82 \pm 0.94 ^b | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figura 27

Promedio \pm desviación estándar de Glucosa (g/dL)



Nota. Autoría propia

Los juveniles presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos siendo el T2 el que mayor nivel de glucosa presentó 108.70 ± 1.75 g/dL. Marroquín et al. (2018) establece que los rangos óptimos de glucosa en la sangre son de 76 g/dL a 99 g/dL, encontrando todos los tratamientos dentro de los rangos óptimos. Conde *et al.* (2022) menciona que la glucosa es producto de la digestión de los carbohidratos y es la principal fuente de energía para el tejido nervioso para el cerebro, niveles bajos de glucosa puede provocar convulsiones e incluso la muerte del pez, mientras que Tort (2015) indica que altos niveles de glucosa son un indicador metabólico como respuesta al estrés, a largo plazo el estrés puede contribuir al incremento de glucosa y a la disminución de niveles de glucógeno, rompiéndose entonces la glucosa y liberándola en la sangre. Sui *et al.* (2016) mencionan que las antocianinas tienen la capacidad de reducir los niveles de glucosa en la sangre, debido a su capacidad antioxidante que permite reducir los niveles de estrés oxidativo. Evidenciando que la inclusión de antocianinas reduce los niveles de estrés incluso en altas densidades de carga.

Conteo de Glóbulos Rojos

El conteo de glóbulos rojos no presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F=1.38$; $p=0,3090$) como se indica en la tabla 15.

Tabla 15

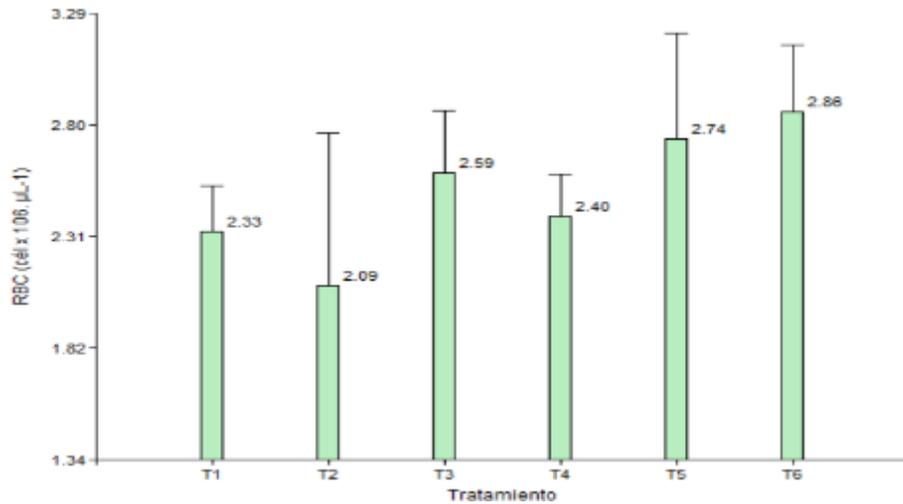
Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de RBC (cél x 10⁶. μ L⁻¹)

| Día | Tratamiento | RBC (cél x 10 ⁶ . μ L ⁻¹) \pm D. E | F | P |
|-----|-------------|---|------|-------|
| 90 | T1 | 2.33 ± 0.20^a | 1.67 | 0.229 |
| | T2 | 2.09 ± 0.67^a | | |
| | T3 | 2.59 ± 0.27^a | | |
| | T4 | 2.40 ± 0.19^a | | |
| | T5 | 2.74 ± 0.46^a | | |
| | T6 | 2.86 ± 0.29^a | | |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figura 28

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de RBC (cél $\times 10^6$. μL^{-1})



Nota. Autoría propia

Qiang *et al.* (2013) menciona que el rango de glóbulos rojos puede variar desde 1.70 cél $\times 10^6$. μL^{-1} hasta 3 cél $\times 10^6$. μL^{-1} encontrando todas nuestras variables dentro del rango óptimo. Mohamad *et al.* (2016) indica en su estudio que la inclusión de polifenoles (antocianinas) al poseer una actividad antioxidante puede elevar el número de eritrocitos además de fortalecerlos en situaciones de estrés oxidativo, las antocianinas provenientes del maíz morado presentan una niveles de hierro que es fundamental para elevar los niveles de hemoglobina y a su vez el número de glóbulos rojos como es el caso de los tratamientos que presentan inclusión de antocianinas provenientes del maíz morado.

Conteo de Glóbulos Blancos

El conteo de glóbulos blancos, linfocitos, neutrófilos y trombocitos presentó diferencia significativa entre tratamientos ($F= 26.85$; $p= <0.0001$), ($F= 31.95$; $p= <0.0001$), ($F= 17.78$; $p= 0.0001$), ($F= 11.76$; $p= 0.0006$) respectivamente, como se indica en la tabla 16.

Tabla 16*Promedio ± desviación estándar del porcentaje de WBC (cél x 10⁴. μL⁻¹)*

| Variables | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | F | P |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|---------|
| (cél x 10 ⁴ . μL ⁻¹) | | | | | | | | |
| WBC | 2.77 ± 0.30 ^b | 3.51 ± 0.04 ^a | 2.26 ± 0.22 ^c | 2.17 ± 0.10 ^c | 2.28 ± 0.08 ^c | 2.63 ± 0.04 ^{bc} | 26.85 | <0.0001 |
| Linfocitos | 0.147 ± 0.02 ^b | 0.187 ± 0.01 ^a | 0.1 ± 0.01 ^{cd} | 0.117 ± 0.01 ^d | 0.12 ± 0.00 ^{cd} | 0.14 ± 0.00 ^{bc} | 31.95 | <0.0001 |
| Neutrófilos | 0.008 ± 0.001 ^B | 0.009 ± 0.001 ^a | 0.006 ± 0.001 ^c | 0.006 ± 0.00 ^c | 0.006 ± 0.00 ^c | 0.007 ± 0.00 ^{bc} | 17.78 | 0.0001 |
| Trombocitos | 0.003 ± 0.00 ^b | 0.004 ± 0.00 ^a | 0.003 ± 0.00 ^b | 0.002 ± 0.00 ^b | 0.002 ± 0.00 ^b | 0.003 ± 0.00 ^b | 11.76 | 0.0006 |

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

El conteo de glóbulos blancos dentro de la acuicultura es de suma importancia ya que este análisis nos permite determinar la existencia de infecciones, enfermedades o presencia de estrés. El T2 presentó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con el resto de tratamientos, encontrándose fuera de los rangos óptimos, a diferencia del resto de tratamientos.

Según Qiang et al. (2013) el número de glóbulos blancos puede variar desde 1.86 células x 10⁴. μL⁻¹ hasta 3 células x 10⁴. μL⁻¹. Hidalgo (2016) indica que los rangos de neutrófilos varían desde 0 células x 10⁴. μL⁻¹ hasta 3.6 células x 10⁴. μL⁻¹ encontrado todos los valores dentro de los rangos óptimos.

Mientras que el rango óptimo de los linfocitos varía desde las 0 células x 10⁴. μL⁻¹ hasta los 0.592 células x 10⁴. μL⁻¹ y el rango óptimo de los trombocitos va desde las 0 células x 10⁴. μL⁻¹ hasta 0.026 0 células x 10⁴. μL⁻¹. El T2 al contar con un alta carga animal y carecer de la inclusión de antocianinas, presentó elevado nivel de glóbulos blancos pudiendo estar influenciados por el estrés y volviéndolos más vulnerables a enfermedades.

Relación Longitud de la Tilapia vs Longitud del intestino

Tabla 17

Promedio longitud del pez vs longitud del intestino

| Variables | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Longitud P | 16 | 16.5 | 15.5 | 17 | 16.5 | 17.2 |
| Longitud I | 83 | 96 | 87 | 109 | 93 | 93 |
| Relación | 5.18 | 5.81 | 5.6 | 6.4 | 5.6 | 5.4 |

Nota. Autoría propia

El intestino en las tilapias alimentadas con balanceado e inclusión de antocianinas en diferentes concentraciones, presentó diferentes longitudes, siendo el T4 el que mayor longitud presentó y por ende una mayor relación entre longitud del intestino vs longitud del pez. Jijón & Méndez Martínez (2022) menciona que el intestino por lo general tiene una relación con el largo del pez mayor a 5. La importancia de una mayor longitud del intestino recae en que existirá un mayor número de vellosidades y un mayor número de pliegues permitiendo aumentar la absorción de nutrientes. Hepher (1988) menciona que la longitud total de intestino respecto a la longitud total del pez varía entre las diferentes especies relación se basa en los hábitos alimentarios. Hepher (1988) Indica que la longitud intestinal relativa para la tilapia es de 6.29.

Parámetros histológicos

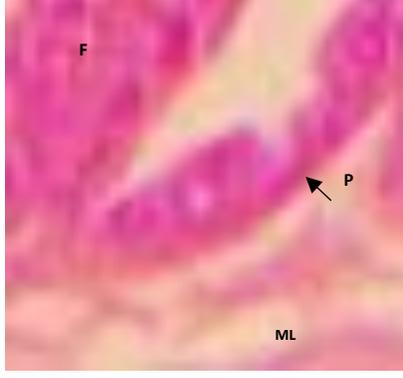
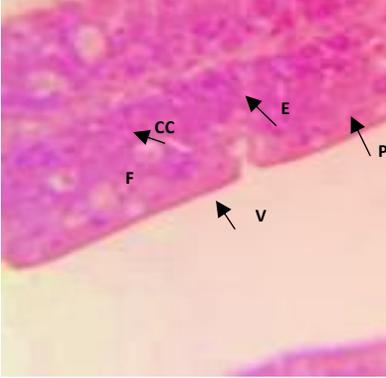
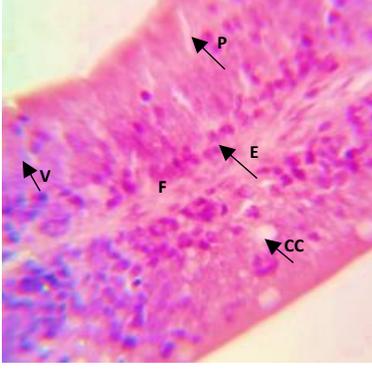
Tejido Intestinal

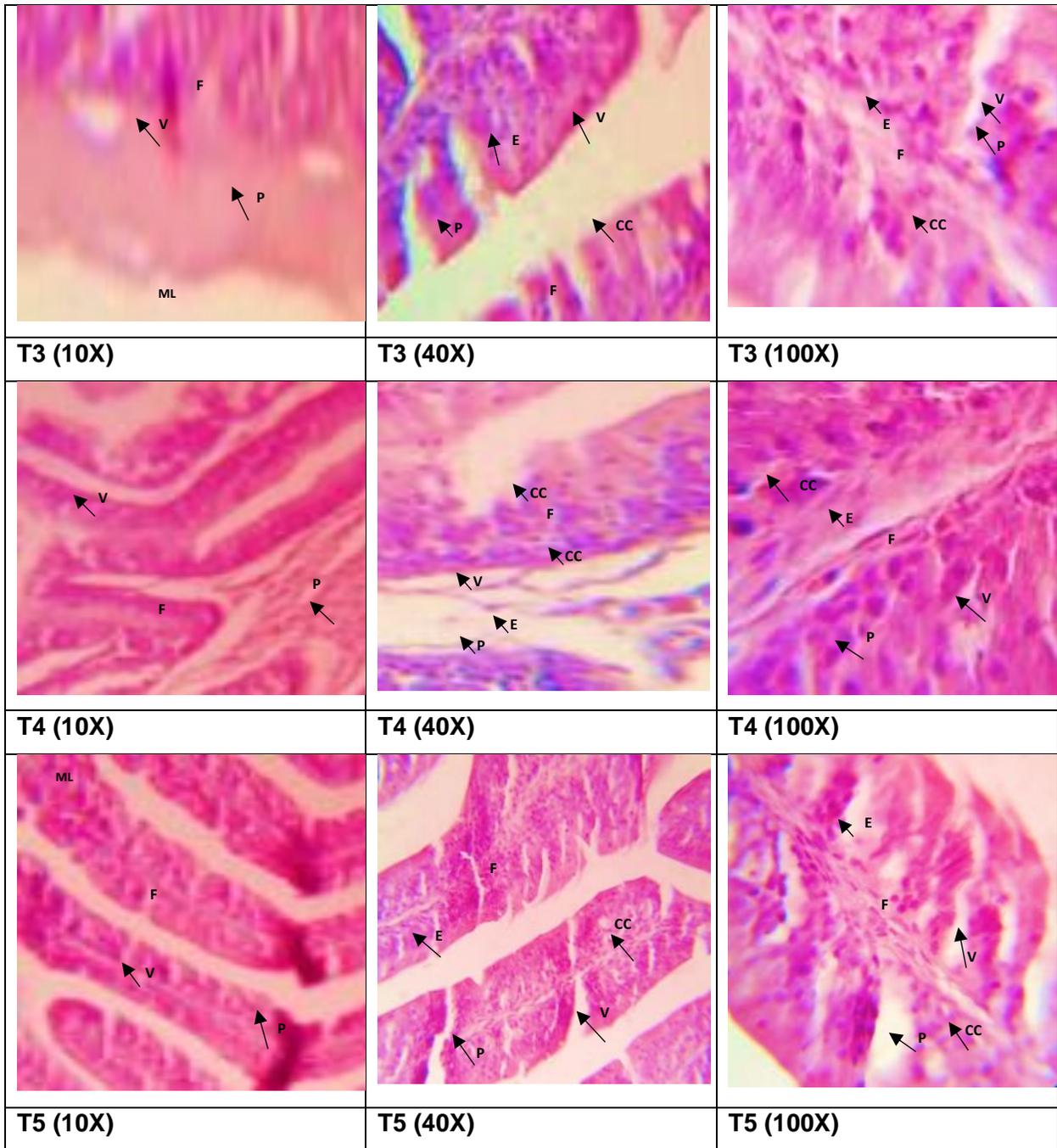
En la Tabla 20 se muestran imágenes comparativas de los cortes histológicos realizados en el intestino de la tilapia roja, vistos en un lente 10x, 40x y 100x. La histología en los tejidos intestinales, que fueron tratados con antocianinas como el T4 presentó pliegues más grandes aumentando el área de absorción de las vellosidades intestinales, incrementando la absorción de nutrientes y por ende presentando mayores pesos. Hepher (1988) menciona que el aparato digestivo puede variar su estructura según los hábitos alimenticios o la naturaleza del alimento. Al variar la estructura morfológica como es el caso del T4 la absorción de lípidos

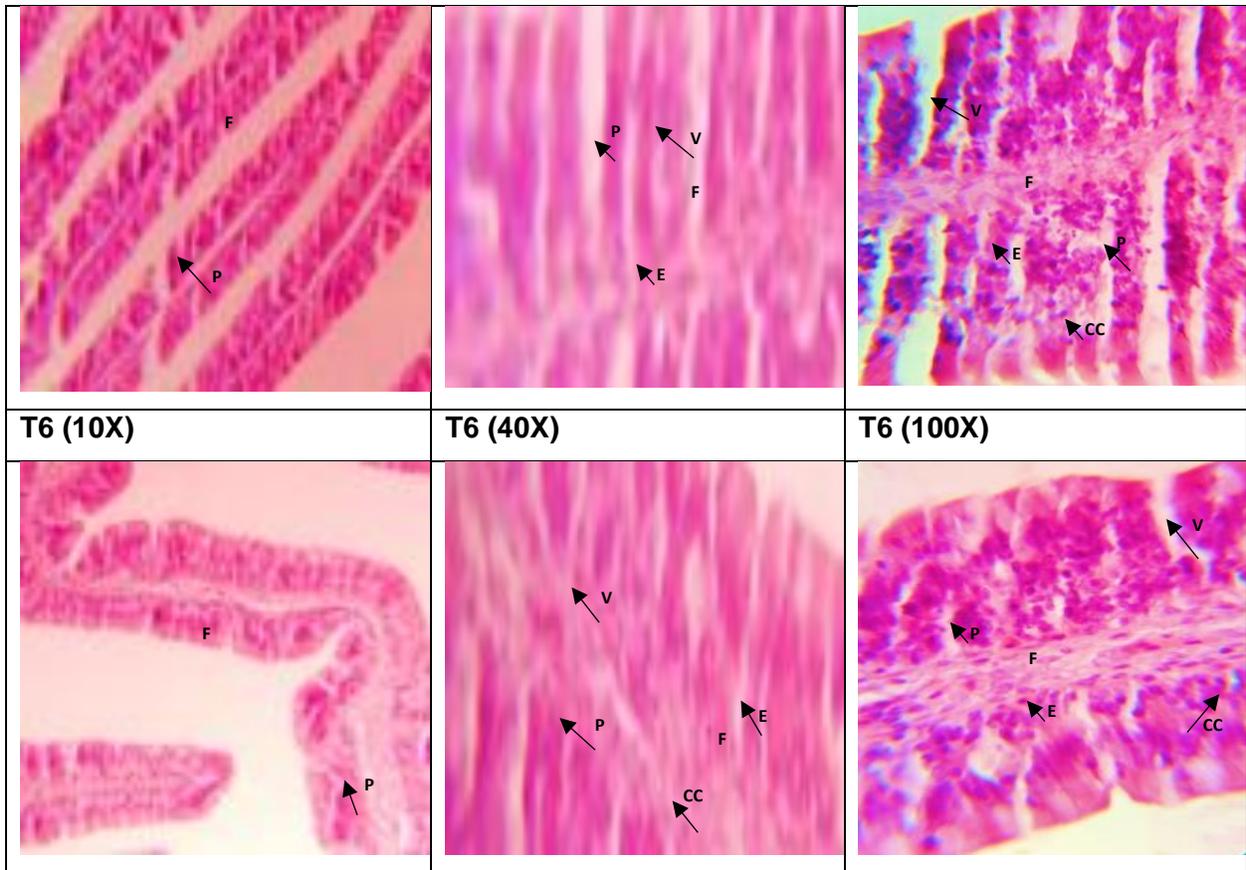
aumentara en la parte anterior del intestino y las proteínas en la parte media del intestino, incrementando su crecimiento. Los cortes se realizaron en la parte anterior del intestino Jijón & Méndez Martínez (2022) que no hay estudios que demuestren diferencia entre las 3 diferentes porciones intestinales. Además, se puede observar cómo las tilapias presentan la presencia de células calciformes, que cumplen con la función de protección mecánica, evitan inflamaciones intestinales, actúan contra patógenos gracias a la secreción de mucosa que también ayuda a facilitar el tránsito de alimento. Gomez (2022) menciona que los enterocitos ayudan a la absorción de nutrientes y son considerados una barrera inmunológica intestinal contra patógenos y toxinas.

Tabla 29

Cortes histológicos del tejido intestinal de Tilapia roja híbrida Oreochromis sp. bajo el efecto de inclusión de antocianinas y diferentes cargas animales

| T1 (10X) | T1 (40X) | T1 (100X) |
|---|--|---|
|  |  |  |
| T2 (10X) | T2 (40X) | T2 (100X) |

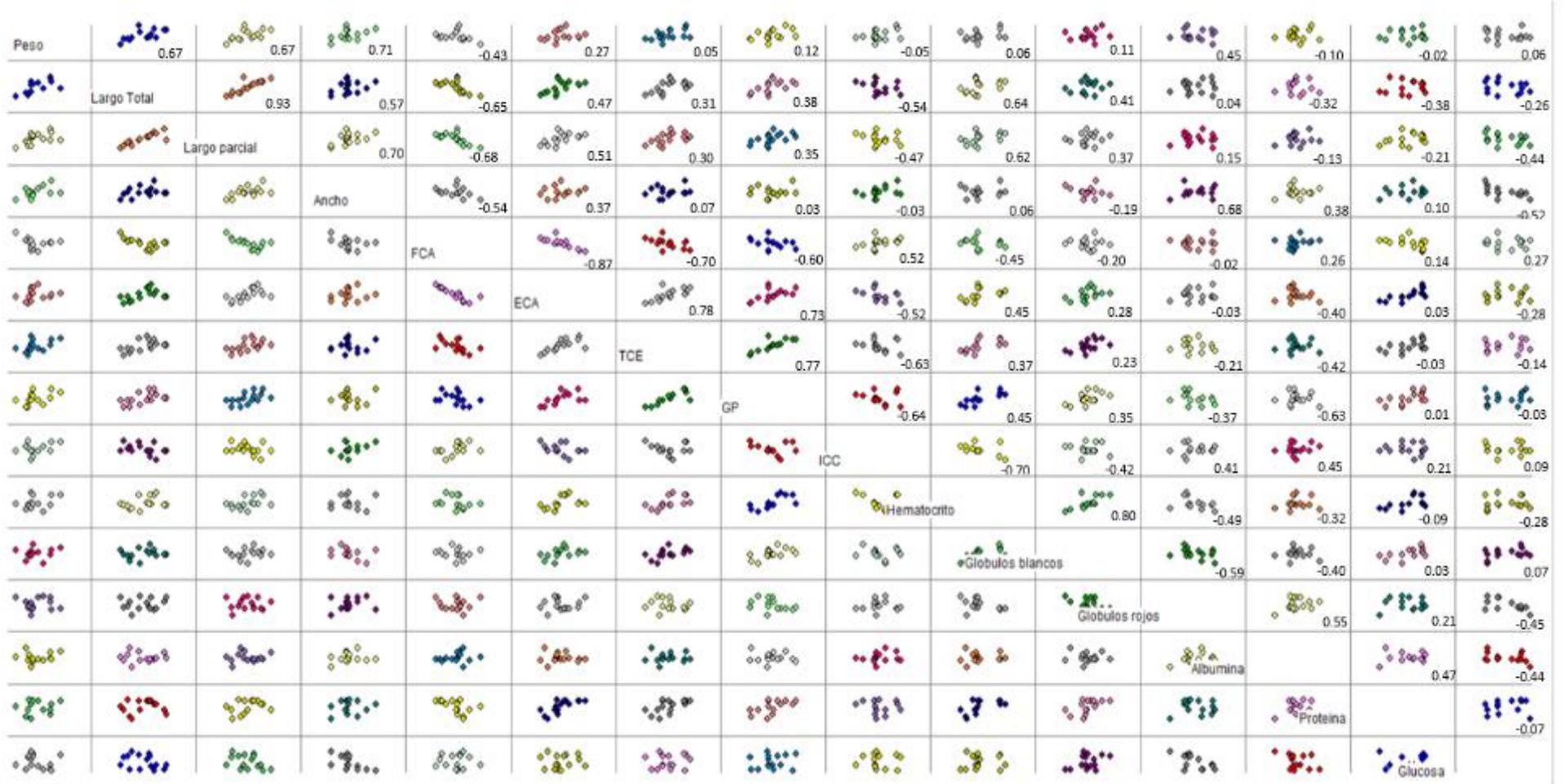




Nota. Musculo liso (ML), filamentos (F), Vellosidades intestinales (V), Enterocito (E), Pliegues intestinales (P).

Figura 30

Matriz de Correlación entre variables morfométricas, productivas y hematólogicas



Nota. Autoría propia

De acuerdo con la figura 20 de diagramas de correlación entre variables, se puede evidenciar como los valores que alcanzan un índice mayor a 0.60 presentan una alta uniformidad y tendencia positiva como: peso*largo total, peso*largo parcial, peso*ancho, largo total*largo parcial, largo parcial*ancho, ECA*TCE, ECA*GP, TCE*GP, hematocrito*glóbulos blancos. Se puede resumir que las tilapias que presenten un mayor peso obtendrán mayor largo total, parcial y ancho ($r=0.67$, $r=0.67$, $r=0.71$). Mientras que las tilapias que presenten mayor ECA eficiencia de conversión alimenticia, presentarán mayor tasa de crecimiento específico TCE y ganancia de peso GP ($r=0.78$, $r=0.73$). Según Londoño & Sánchez (2015) mencionan que el coeficiente de correlación de Pearson nos permite estudiar la relación entre dos variables, si el valor es mayor a 0 estamos hablando de una correlación positiva y mientras el valor es más cercano al 1 mayor es su coeficiente de correlación, como es el caso de peso*largo total, peso*largo parcial, peso*ancho, largo total*largo parcial, largo parcial*ancho, ECA*TCE, ECA*GP, TCE*GP, hematocrito*glóbulos blancos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinó que existió diferencia significativa en los parámetros morfométricos entre los diferentes tratamientos, siendo el T4 con inclusión de antocianinas al 3% y una carga animal de 45 juveniles/m² el que presentó mayor peso y ancho con $72 \pm 2.52\text{g}$ y $5.20 \pm 0.23\text{cm}$ respectivamente, sin embargo, en las variables largo total y parcial no se encontró diferencia significativa para los tratamientos con inclusión de antocianinas T3, T4, T5 y T6, no obstante estos tratamientos presentaron mejores resultados que los tratamiento control T1 y T2.
- Se concluyó que existió diferencia significativa en los parámetros productivos entre los diferentes tratamientos, siendo el T4 con inclusión de antocianinas al 3% y una carga animal de 45 juveniles/m² el que presentó un mejor FCA, ECA, GP, ICC y mortalidad con 1.24 ± 0.30 , $85.14 \pm 0.22\%$, $2.04 \pm 0.55\text{g}$, 2.14 ± 0.25 y 4.04 respectivamente, no obstante, no existió una diferencia significativa en el TCE (% día).
- Las Antocianinas provenientes del maíz morado (*Zea mays L*) fortalecieron el sistema inmune de la tilapia, evidenciando como el tratamiento T2 con 0% de inclusión de antocianinas y 45 juveniles/m² presentó niveles altos de glucosa, glóbulos blancos y hematocrito indicando la presencia de estrés por la alta carga animal.

Recomendaciones

- Evaluar la inclusión de antocianinas del Maíz morado (*Zea mays L*) al 3% bajo condiciones desfavorables en Tilapia roja (*Oreochromis sp*).
- Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de antocianinas del Maíz morado (*Zea mays L*) cercanas al 3% de inclusión en la dieta de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) que fue el mejor tratamiento con el fin de mejorar el sistema inmune bajo condiciones de estrés oxidativo.
- Evaluar los parámetros morfométricos y productivos en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con inclusión de antocianinas del Maíz morado (*Zea mays L*) al 3%.
- Evaluar diferentes métodos de extracción de antocianinas del Maíz morado (*Zea mays L*) con el propósito de determinar que método permite obtener mayor concentración de antocianinas.
- Evaluar el efecto inmunológico de las antocianinas del Maíz morado (*Zea mays L*) sobre mayores densidades de carga animal de Tilapia roja (*Oreochromis sp*).

Bibliografía

- Alceste. (2017). *Considerations for tilapia farming in saltwater environments - Responsible Seafood Advocate*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/considerations-tilapia-farming-saltwater-environments/>
- Anaconda, H. D. (2021). *Efecto del Alimento Enriquecido con Prebiótico y Probióticos en el Crecimiento y Aprovechamiento Nutritivo de Tilapia Roja Oreochromis Spp.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80030/10292458.2021.pdf.pdf?sequence=2>
- Andrade, C. K. (2022). Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 4(1). Obtenido de <https://doi.org/10.51431/PAR.V4I1.757>
- Banco Central. (2021). *Estadísticas - Cámara Nacional de Acuicultura*. Obtenido de <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Barba, F. J., Terefe, N. S., Buckow, R., Knorr, D., & Orlie, V. (2015). New opportunities and perspectives of high-pressure treatment improve health and safety attributes of foods. *Food Res. Int.*, 77, 725–742. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.015>
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J., & Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1–15. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63653009025>
- Barragán, L. (2004). *Inmunoestimulantes en medicina veterinaria*. Obtenido de <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=57122>

- Barragán, R. (2004). *Inmunoestimulantes en medicina veterinaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/896/89680206.pdf>
- Bhujel. (2002). *Manejo Alimentario para Tilapia*. Obtenido de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos//000000_Especies/00008-Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php
- Borja, M., & Caviedes, M. (2013). Evaluación de dos ciclos de producción de semilla en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en Tumbaco - Pichincha. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 5(2), 61–66. Obtenido de <https://doi.org/10.18272/ACI.V5I2.143>
- Bustamante, W. (2017). Efecto de cuatro densidades de cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilapia) en fase de crecimiento, sobre los parámetros bioeconómicos. [Tesis de pregrado]. *Universidad Nacional Agraria de La Selva Huánuco Perú*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1435>
- CENDE. (2008). *Manual sobre “Reproducción y cultivo de tilapia.”* Obtenido de [file:///C:/Users/funyj/Downloads/Manual_reproduccion_y_cultivo_tilapia%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/funyj/Downloads/Manual_reproduccion_y_cultivo_tilapia%20(1).pdf)
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(SUPP.1), 86–100. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>
- Conde, M., Agulleiro, M. J., Aguilar, A. J., Míguez, J. M., Cerdá-Reverter, J. M., & Soengas, J. L. (2022). Effect of different glycaemic conditions on gene expression of neuropeptides involved in control of food intake in rainbow trout; Interaction with stress. *Journal of Experimental Biology*, 213(22), 3858–3865. Obtenido de <https://doi.org/10.1242/JEB.048439>

- Crespi, V., & New, M. (2009). *FAO - Oreochromis niloticus*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niloticus.htm
- Crivelenti, L. Z., Borín, S., Socha, J. J. M., & Mundim, A. v. (2012). VALORES BIOQUÍMICOS SÉRICOS DE TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*) EN CULTIVO INTENSIVO. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 22(4). Obtenido de https://www.academia.edu/28104884/VALORES_BIOQU%C3%8DMICOS_S%C3%89RICOS_DE_TILAPIA_DEL_NILO_Oreochromis_niloticus_EN_CULTIVO_INTENSIVO
- Ctaqua. (2017). *INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA ALIMENTACIÓN OPTIMIZADA PARA TILAPIA NILÓTICA (OREOCHROMIS NILOTICUS) DE SENEGAL*. Obtenido de <https://docplayer.es/57901785-Alimentacion-optimizada-para-tilapia-nilotica-oreochromis-niloticus-de-senegal.html>
- Delfini. (2016). *Cultivo de Tilapia en Estanques de Tierra en Ecuador Alfonso Delfini, AQUAMAR S.A. Guayaquil, Ecuador*. Obtenido de <https://vdocumento.com/cultivo-de-tilapia-en-estanques-de-tierra-en-ecuador-alfonso-delfini-aquamar.html?page=1>
- FAO. (2018, October 1). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018*. Obtenido de <https://www.fao.org/documents/card/es/c/l9540EN/>
- FAO. (2022). *FAO: Formulación y preparación /producción de alimentos*. Obtenido de <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>
- Fraga, Flores, Reyes, & Llanes. (2012). *Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (Oreochromis mossambicus x O. aureus) en jaulas colocadas en la bahía de Casilda, Cuba*. Obtenido de

<https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/4334/Efecto%20de%20diferentes%20densidades.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FUNIBER. (2016). *Maíz, morado sin coronta | Composición Nutricional*. Obtenido de <https://www.composicionnutricional.com/foods/view/PE-635204>

Garzón, G. A. (2008). *Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión Anthocyanins As Natural Colorants And Bioactive Compounds. A Review*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11337#:~:text=El%20objetivo%20de%20esta%20revisi%C3%B3n%20es%20ofrecer%20un,el%20azul%20de%20muchas%20frutas%2C%20vegetales%20y%20cereales>.

Gomez. (2022). *Enterocitos: qué son, estructura, características, funciones, enfermedades*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/enterocito/>

Google Maps. (2022). *iasa - Google Maps*. <https://www.google.com/maps/search/iasa+/@-0.2842978,-78.5023748,12z/data=!3m1!4b1>

Guerrero, B. (2004). *Manual del Cultivo de Tilapias*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/270511247>

Guillén, J., Mori-Arismendi, S., Luz, , & Paucar-Menacho, M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211–217. Obtenido de <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2014.04.05>

Haghini. (2014). Haemato-immunological indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry fed with Aloe vera extract supplemented feed. *Journal of Coastal Life Medicine*. Obtenido de <https://doi.org/10.12980/JCLM.2.2014J49>

- Hahn von Hessberg. (2014). *Hematological characters in Nile tilapia (Oreochromis niloticus, trewavas 1983) individuals weighing between 50 and 150 g and 150 and 250 g, fish station, universidad de caldas, Colombia*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/285213602_Hematological_characters_in_nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_trewavas_1983_individuals_weighing_between_50_and_150_g_and_150_and_250_g_fish_station_universidad_de_caldas_Colombia
- Hepher. (1988). *Nutrición de peces comerciales en estanques* (Primera). Editorial Limusa S.A.
- Hidalgo. (2016). *Parámetros hematológicos de la tilapia nilótica (Oreochromis niloticus, Linnaeus 1757) bajo diferentes condiciones de cultivo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/849/84959429013/>
- Hoyos, A., Narro-León, L. A., & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291–299. Obtenido de <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.03.01>
- Hrubec, T., Cardinale, J. L., & Smith, S. A. (2008). Hematology and Plasma Chemistry Reference Intervals for Cultured Tilapia (Oreochromis Hybrid). *Veterinary Clinical Pathology*, 29(1), 7–12. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/J.1939-165X.2000.TB00389.X>
- Hurtado, N., Ingeniero, T., Acuicultor, P., En, E., & Lima -Perú, T. (2016). *La alternativa social y económica del tercer milenio*. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/377330486/Tilapia-La-Alternativa-Social-y-Economica-Del-Tercer-Milenio>
- InfoAgro. (2020). *El papel de las antocianinas - Revista InfoAgro México*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/el-papel-de-las-antocianinas/>

Instituto Nacional de Pesca. (2018). *Acuicultura Tilapia | Instituto Nacional de Pesca | Gobierno / gob.mx*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

Jácome, J., Quezada Abad, C., Romero, O. S., Pérez, J. E., Nirchio, M., Jácome, C. :, Abad, C. Q., Sánchez Romero, O., & Jacome, J. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550. Obtenido de <https://doi.org/10.15381/RPB.V26I4.16343>

Jijón, J., & Méndez Martínez. (2022). *Actividad enzimática digestiva e histología intestinal en juveniles de tilapia roja (Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus) alimentados con ácido ascórbico en dieta*. [Tesis de pregrado]. Universidad técnica de Quevedo, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6643>

Khamphan, P., Lomthaisong, K., Harakotr, B., Ketthaisong, D., Scott, M. P., Lertrat, K., & Suriharn, B. (2018). Genotypic Variation in Anthocyanins, Phenolic Compounds, and Antioxidant Activity in Cob and Husk of Purple Field Corn. *Agronomy 2018, Vol. 8, Page 271, 8(11)*, 271. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY8110271>

Lizárraga, V. (2018). *Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-78582018000100127&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Londoño, B., & Sánchez, P. A. (2015). Algoritmo Novedoso Para la Detección de Tareas Repetitivas en el Teclado. *Investigacion e Innovación En Ingenierias*, 3(2). Obtenido de <https://doi.org/10.17081/INVINNO.3.2.2031>

López, B. (2021). *Artemia salina: qué es, características, hábitat, ciclo de vida*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/artemia-salina/>

- Luzón, E. B. A., Alava, A. R. C., Carpio, E. P., & Montealegre, V. J. G. (2021). Gestión de agronegocios de la tilapia roja (*Oreochromis Spp. O*) y su comercialización. [Tesis de pregrado]. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas Puerto Rico*, 4(2), 58–67. Obtenido de <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/377>
- Maltabar, Y. (2020). *Extracción y cuantificación de antocianinas por método de pH diferencial*. [Tesis de pregrado]. Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9223>
- Marroquín, E., Médico, A., Guatemala, V., & De, O. (2018). *Efecto de la inclusión de ingredientes no tradicionales en la alimentación de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) sobre parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Caldas, Colombia. Obtenido de <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v5n1a05.pdf#:~:text=RESUMEN%3A%20La%20Tilapia%20nil%C3%B3tica%20%28Oreochromis%20niloticus%29%20es%20el,O.%20niloticus%20en%20condiciones%20similares%20en%20otros%20pa%C3%ADses.>
- Mohamad, N. A. A., Mustapha, N. M., & Mohamed, S. (2016). Morinda citrifolia leaf enhanced performance by improving angiogenesis, mitochondrial biogenesis, antioxidant, anti-inflammatory & stress responses. *Food Chemistry*, 212, 443–452. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.05.179>
- Nicovita. (2017). *Manual de crianza Tilapia*. Obtenido de <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
- Olabuenaga, S. E. (2000). Sistema inmune en peces. *Gayana (Concepción)*, 64(2), 205–215. Obtenido de <https://doi.org/10.4067/S0717-65382000000200010>

- Olivares, M. (2019). *Polifenoles de plantas comestibles como reprogramadores metabólicos en condiciones de glucolipototoxicidad*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=248365&info=resumen&idioma=SPA>
- Ornelas, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á., Godínez-Siordia, D. E., Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á., & Godínez-Siordia, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19–25. Obtenido de <https://doi.org/10.15174/AU.2017.1231>
- Ortiz, J. (2018). *Producción de Tilapia*. [Tesis de pregrado]. Universidad de las Fuerzas Armadas Quito, Ecuador. Obtenido de <https://docs.google.com/a/espe.edu.ec/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9hY3VhY3VsdHVyYWp1YW5vcnRpenxneDo1NjIjZGVkM2ViYTM3NzBm>
- Patti, J. (2011). *Oxygen consumption of the florida red tilapia hybrid oreochromis sp. in seawater, under laboratory conditions*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/280318842_oxygen_consumption_of_the_florida_red_tilapia_hybrid_oreochromis_sp_in_seawater_under_laboratory_conditions
- Pineda. (2018). *.. Piscicultura Global* .: Obtenido de <https://www.pisciculturaglobal.com/utiliza-el-factor-de-condicion-k-de-fulton-para-menejar-el-estres-en-tu-cultivo-de-tilapias/>
- Qiang, J., Yang, H., Wang, H., Kpundeh, M. D., & Xu, P. (2013). Interacting effects of water temperature and dietary protein level on hematological parameters in Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus* (L.) and mortality under *Streptococcus iniae* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 34(1), 8–16. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2012.09.003>
- Quezada, M., & Guzmán, Y. (2020). *Efecto de tres dietas en el crecimiento de Oreochromis aureus "tilapia" en el Módulo Piscícola La Balsa, Jaén -San Ignacio*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Trujillo, Colombia. Obtenido

de<https://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17161/Rojas%20Alvarado%2C%20Jackelin%20Jovanna%20y%20Villanueva%20Galoc%2C%20Janeth.pdf?sequence=1>

Rafael, E., Asesor, S., David, M. I., & Valverde, R. U. (2017). *extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (zea maysl.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción*. Obtenido de <http://difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica/article/view/93>

Ramos, F. (2004). *Analisis del Beneficio-Costo del Engorde de Tilapia con y sin Guapote en Zamorano*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11036/5617>

Ramos, J. (2017). *Efecto de la densidad de carga sobre el crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia (oreochromis niloticus) aplicando tecnología biofloc*". [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3434/ramos-herencia-jorge-andre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rengifo, B. A. (2020). *Valoración de buclizina como aditivo alimenticio en dietas balanceadas para tilapia híbrida (Oreochromis sp.) en crecimiento y bajo diferentes temperaturas en Nanegal, provincia de Pichincha*. [Tesis de pregrado]. Universidad de las Fuerzas Armadas Quito , Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/22054>

Reyna, I. (2016). *Año 2, N° 2 febrero 2016 Tema: Maíz morado*. Obtenido de www.inkanat.com

Rodríguez, C. (2012). El estrés en peces de granja. *Revista Investigación Pecuaria*, 1(1), 2012. [Tesis de pregrado]. Universidad de Nariño Colombia. Obtenido de <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/386/2863>

- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Obtenido de <https://universidadagricola.com/wp-content/uploads/2018/05/manejo-del-cultivo-de-tilapia.pdf>
- Saldaña, R., Salazar, M., Rodríguez, L., & Hernández Ingris. (2022). *Calidad del agua para el cultivo de tilapia roja (Oreochromis sp.) en etapa de alevinaje con tecnología biofloc*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rossember-Saldana-Escorcia/publication/358711403_Calidad_del_agua_para_el_cultivo_de_tilapia_roja_Oreochromis_sp_en_etapa_de_alevinaje_con_tecnologia_biofloc/links/621eee2f7106690c08532d79/Calidad-del-agua-para-el-cultivo-de-tilapia-roja-Oreochromis-sp-en-etapa-de-alevinaje-con-tecnologia-biofloc.pdf
- Sánchez, L. (2005). *Bioensayo General de Letalidad en Artemia Salina, a Las Fracciones del Extracto Etanólico De Psidium Guajava. L y Psidium Guineense. Sw*. https://www.academia.edu/32923684/Bioensayo_General_de_Letalidad_en_Artemia_Salina_a_Las_Fracciones_del_Extracto_Etan%C3%B3lico_De_Psidium_Guajava_L_y_Psidium_Guineense_Sw
- Sánchez, P. (2013). *Efecto de tres niveles de proteínas en el desarrollo del periodo de alevinaje de tilapia chitralada (Oreochromis niloticus) en tanques de eternit en la U N J B G Tacna*. Obtenido de <https://1library.co/document/qvl0gddy-proteinas-desarrollo-alevinaje-chitralada-oreochromis-niloticus-tanques-eternit.html>
- Santoyo, F., Romero, J. M., Gomez-Galindo, C., & Pulido, H. G. (2019). *Relaciones talla- peso y factor de condicióón de la tilapia Oreochromis niloticus en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, Mexico*. Obtenido de <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- Sayed, A. E. D. H., Mahmoud, U. M., & Mekkawy, I. A. (2016). Erythrocytes alterations of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) produced using

methyltestosterone. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(1), 83–90. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.EJAR.2015.10.004>

Siddik, M. A. B., Pham, H. D., Francis, D. S., Vo, B. van, & Shahjahan, M. (2021). Dietary supplementation of fish protein hydrolysate in high plant protein diets modulates growth, liver and kidney health, and immunity of barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, 27(S1), 86–98. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/ANU.13404>

Soto, S. (2009). *Calidad del agua y bacterias presentes en tilapia cultivada (Water quality and bacteria in farmed tilapia)*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/235645058_Calidad_del_agua_y_bacterias_presentes_en_tilapia_cultivada_Water_quality_and_bacteria_in_farmed_tilapia

Sui, X., Zhang, Y., & Zhou, W. (2016). Bread fortified with anthocyanin-rich extract from black rice as nutraceutical sources: Its quality attributes and in vitro digestibility. *Food Chemistry*, 196, 910–916. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.09.113>

Thomas. (2022). *Artemia salina as Model Organism for Biomedical Nanotechnology and Nanomaterials Toxicity Assessment | Frontiers Research Topic*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/research-topics/41176/artemia-salina-as-model-organism-for-biomedical-nanotechnology-and-nanomaterials-toxicity-assessment#overview>