



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA AGROPECUARIA

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Título del Proyecto de Investigación

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE β -GLUCANOS EN DIETA SOBRE LA
CITOMETRÍA HEMÁTICA, IONOGRAMAS Y ASPARTATO AMINO
TRANSFERASA EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis
mossambicus* x *Oreochromis niloticus*).**

Autor:

Vistin García Adrián Andrés.

Director del Proyecto:

Dr. Méndez Martínez Yuniel



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Vistin García Adrián Andrés**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Vistin García Adrián Andrés
C.C. # 1250117833



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito **Dr. Méndez Martínez Yuniel, PhD**, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado **“EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE β -GLUCANOS EN DIETA SOBRE LA CITOMETRÍA HEMÁTICA, IONOGRAMAS Y ASPARTATO AMINO TRANSFERASA EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*)”**, de autoría del estudiante de la carrera Agropecuaria, **Vistín García Adrián Andrés**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 8% , el mismo que es permitido por el mencionado Software y los requerimientos académicos establecidos.



Document Information

Analyzed document	TESIS VISTIN ADRIAN LISTA.docx (D113722406)
Submitted	2021-09-29 05:47:00
Submitted by	
Submitter email	rramos@uteq.edu.ec
Similarity	8 %
Analysis address	rramos.uteq@analysis.urkund.com

Atentamente,

Dr. Méndez Martínez Yuniel, PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA

Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache

Teléfonos: FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302

Fax UTEQ: (593 –05) 753 300 / 753 303 / 752 177

[E. mail. info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo. es Quevedo – Los Ríos – Ecuador

CASILLAS

Guayaquil:

10672

Quevedo :73

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. MÉNDEZ MARTÍNEZ YUNIEL**, PhD, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **VISTIN GARCÍA ADRIÁN ANDRÉS**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE β -GLUCANOS EN DIETA SOBRE LA CITOMETRÍA HEMÁTICA, IONOGRAMAS Y ASPARTATO AMINO TRANSFERASA EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*)**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Dr. MÉNDEZ MARTÍNEZ YUNIEL, PHD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE β -GLUCANOS EN DIETA SOBRE LA
CITOMETRÍA HEMÁTICA, IONOGRAMAS Y ASPARTATO AMINO
TRANSFERASA EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis mossambicus* x
Oreochromis niloticus).**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Agropecuario.

Aprobado por:

Dr. Orly Cevallos Falquez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Ana Ruth Álvarez Sánchez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Jorge Magno Rodríguez Tobar
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero agradecerle a Dios por haberme dado la fuerza, motivación diaria, guiarme por un buen camino y haber logrado mi objetivo planeado hace cinco años.

Agradezco a mi madre Norma Estela García Moreno, por haber creído en mí y enseñarme el buen camino, por su amor, por su cariño y haberme acompañado durante este proceso hasta lograr mi objetivo cumplido “Muchas gracias Madre por haber creído en mí”.

A mi padre Bolívar Lorenzo Vistin Michui, por haberme enseñado a no rendirme y seguir adelante así haiga obstáculos en el camino, por la motivación y haberme guiado al buen camino.

También agradezco a mi abuelo Segundo García, por enseñarme desde pequeño a cumplir mis sueños y seguir adelante gracias abuelo por creer en mí y estar conmigo aunque no estés presente “muchas gracias”. A mi abuela Herlinda Michui, por motivarme y cumplir mis metas sobre todo no rendirme. A mi familia por la motivación, por guiarme a un buen camino, a seguir adelante no importa cuales sean los obstáculos muchas gracias a todos.

Además quiero agradecer a mi Director de tesis Dr. Méndez Martínez Yuniel, por ser un buen tutor y docente, por ser mi guía y haberme ayudado durante esta investigación. Gracias por la enseñanza y sobre todo su paciencia y estar sobre todo pendiente de que mi trabajo se alcance con buenos resultados.

A mis docentes, que nos enseñó a seguir y cumplir nuestras metas y por sus enseñanzas aprendidas gracias ellos, que día a día pude lograr mi meta.

Al Ing. Leonardo Gonzalo Matute M.Sc. de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por su excelente dirección Académica.

A mis compañeros de clases por la unión y optimismo, por la compañía de estar en las buenas y en las malas a no alejarnos y cumplir nuestras metas logradas durante estos 5 años.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios por guiarme al buen camino y no rendirme a pesar de haber momentos difíciles por darme fuerzas ya que gracias al el estoy aquí y haber cumplido mi meta gracias, Dios por la paciencia.

También se lo Dedico a mi madre Norma Estela García Moreno, por apoyarme, acompañado a no rendirme y haberme enseñado a seguir por el buen camino.

Le dedico esto a mi padre Bolívar Lorenzo Vistin Michui, por ser un buen padre y haberme apoyado, gracias por haber creído en mí y sobre todo la paciencia que me diste.

Esto va dedicado también a mis abuelos por haberme dado consejos desde pequeño a pesar que hay obstáculos no rendirse y tener fuerzas de intentarlo una y otra vez gracias por la compañía.

A mis amigos y compañeros, apoyarnos, por la motivación dada y enfocarnos a cumplir nuestras metas.

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación.....	v
Agradecimiento.....	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	xvi
Abstract	xvii
Código dublín	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Problema de investigación.....	4
1.1.1.	Planteamiento del problema.....	4
1.1.2.	Formulación del problema.	4
1.1.3.	Sistematización del problema.	5
1.2.	Objetivos.	6
1.2.1.	Objetivo General.	6
1.2.2.	Objetivos específicos.	6
1.3.	Justificación.	7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco conceptual.	9
2.2.	Marco referencial.....	10
2.2.1.	Origen de la tilapia roja.	10
2.2.2.	Taxonomía de la tilapia roja.....	11
2.2.3.	Ciclo biológico de la tilapia roja.	11

2.2.4.	Morfología de la especie.....	12
2.2.5.	Reproducción.....	12
2.2.6.	Crecimiento.....	13
2.2.7.	Hábitos alimenticios.....	13
2.2.8.	Sistemas de producción.....	13
2.2.8.1.	Cultivo extensivo.....	13
2.2.8.2.	Cultivo semi-intensivo.....	14
2.2.8.3.	Cultivo intensivo.....	14
2.2.8.4.	Cultivo superintensivo.....	14
2.2.9.	Requerimientos medioambientales básicos para la cría de tilapia roja.....	14
2.2.9.1.	Agua.....	14
2.2.9.2.	Temperatura.....	15
2.2.9.3.	pH.....	15
2.2.9.4.	Oxígeno disuelto.....	15
2.2.10.	Principales problemáticas en la cría de tilapias.....	16
2.2.10.1.	Estrés nutricional.....	16
2.2.10.2.	Estrés oxidativo.....	16
2.2.10.3.	Estrés crónico.....	16
2.2.10.4.	Nitrógeno.....	16
2.2.10.5.	Infecciones por <i>Streptococcus</i> spp.....	17
2.2.11.	Parámetros hematológicos.....	17
2.2.12.	Hemograma.....	17
2.2.13.	Hematocrito.....	18
2.2.14.	Eritrocitos.....	18
2.2.15.	Aspartato aminotransferasa.....	18
2.2.16.	Volumen corpuscular.....	19
2.2.17.	Hemoglobina corpuscular media.....	19
2.2.18.	Concentración media de hemoglobina corpuscular.....	19
2.2.19.	Ionograma.....	19
2.2.20.	Inmunoestimulante.....	19
2.2.21.	Prebióticos.....	20
2.2.22.	B-glucanos.....	20
2.2.22.1.	Estructura de los β -glucanos.....	20

2.2.22.2.	Uso de β -glucanos en peces.....	20
2.2.22.3.	B-glucanos <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización y metodología.	24
3.1.1.	Condiciones Agroclimáticas.	24
3.2.	Tipo de investigación	24
3.3.	Método de investigación.	25
3.3.1.	Método inductivo.....	25
3.3.2.	Método Experimental	25
3.4.	Fuente de recopilación de Información.	25
3.5.	Diseño de la investigación.	25
3.5.1.	Esquema de análisis de varianza.	26
3.6.	Instrumento de investigación.	26
3.6.1.	Formulación y elaboración de dietas experimentales.	26
3.6.2.	Condiciones de cultivo de los peces.	28
3.6.3.	Obtención de las muestras de sangre.	28
3.6.4.	Variables evaluadas	29
3.6.4.1.	Actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética.	29
3.6.4.2.	Citometría hemática: Serie -roja.....	29
3.6.4.3.	Ionogramas.	31
3.7.	Tratamiento de los datos.	31
3.8.	Recursos humanos y materiales.	32
3.8.1.	Recursos humanos.	32
3.8.2.	Materiales e insumos.....	32

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética (U/L).	34
4.2.	Citometría hemática: Serie roja.....	35
4.2.1.	Hematocritos (%).	35
4.2.2.	Eritrocitos (M/ μ L).	36

4.2.3.	Volumen Corpuscular Medio (fL).	36
4.2.4.	Hemoglobina Corpuscular Media (pg).....	37
4.2.5.	Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (g/dL).....	37
4.3.	Contenido de ionogramas.....	40
4.3.1.	Sodio (mmol/L).....	40
4.3.2.	Hierro (ug/dL).....	41

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	43
5.2.	Recomendaciones	44

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	46
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica.....	11
Tabla 2. Características agroclimáticas del lugar experimental.	24
Tabla 3. Resumen del análisis de varianza.....	26
Tabla 4. Formulación y composición química de dietas experimentales con β -glucanos. ..	27
Tabla 5. Descripción de los Tratamientos experimentales.....	32
Tabla 6. Valores medios $\pm$ desviación estándar de las variables en estudio en tilapia roja.	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	30
Ecuación 2.	30
Ecuación 3.	30
Ecuación 4.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción morfológica de la tilapia (Bolaños-Pasmuel, 2015).	12
Figura 2. TGO en juveniles de tilapia roja con inclusión de β -glucano en dieta.	34
Figura 3. Respuestas de ionogramas de sodio en tilapia roja con inclusión de β -glucano. .	40
Figura 4. Respuestas de ionogramas de hierro en tilapia roja con inclusión de β -glucano..	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ingredientes usados en la elaboración de dietas en alevines de tilapia roja.	57
Anexo 2. Elaboración de las dietas experimentales.	57
Anexo 3. Materiales usados en la investigación.	58
Anexo 4. Parámetros químicos del agua.	59
Anexo 5. Toma de muestras de sangre para análisis hematológicos.	59
Anexo 6. Análisis de la varianza de la variable Hematocrito.	60
Anexo 7. Análisis de la varianza de la variable Eritrocitos.	60
Anexo 8. Análisis de la varianza de la variable V.C.M.	60
Anexo 9. Análisis de la varianza de la variable H.C.M.	60
Anexo 10. Análisis de la varianza de la variable C.H.C.M.	61
Anexo 11. Análisis de la varianza de la variable TGO-AST	61
Anexo 12. Análisis de la varianza de la variable Sodio.	61
Anexo 13. Análisis de la varianza de la variable Hierro.	61

RESUMEN

En Ecuador la tilapia se adapta fácilmente a distintos entornos ambientales y es una de las más importantes especies de agua dulce. Esta investigación tuvo con objetivo evaluar Citometría hemática, ionogramas, y actividad metabólica de transaminasa glutámico oxalacética, en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) alimentados con adiciones de β -glucanos en dieta. Se realizó en el recinto El Vergel, cantón Valencia, Provincia de Los Ríos; en la investigación se utilizó un diseño complemente al azar (DCA) bajo condiciones controladas durante 56 días, para un total de 6 tratamientos (0, 1, 2, 3, 4 y 5% de β -glucano en dieta) con tres repeticiones (piscinas plásticas con 25 L de agua), se empleó una densidad de 15 j/t. Las variables fueron sometidas a la prueba multivariada de Duncan con el $P < 0.05$ de confiabilidad, la variables de Citometría hemática (hematocrito, eritrocitos, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media y concentración de hemoglobina corpuscular media), ionogramas de hierro y de sodio y actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética. Las dietas fueron sometidas a análisis bromatológicos. En los resultados se pudo identificar las respuestas de hematocritos la media fue de 30.33%, los eritrocitos presentaron una media de 1.00 M/uL; para estas variables no existió diferencia significativa. Para la variable Volumen Corpuscular Medio la media fue de 93.49 fL, en la Hemoglobina Corpuscular Media se observó una media de 32 pg y para la Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media la media fue de 34 g/dL, en los ionogramas de sodio se obtuvo una media de 147.00 mmol/L y en el de hierro presentó una media de 373 ug/dL; en estas variables si se observó significancia estadística. En la actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética la media fue de 151 U/L, en esta variable no existió diferencia significativa.

Palabras claves: bioestimulante, dietas peletizadas, hematocritos, hierro, nutrición.

ABSTRACT

In Ecuador, tilapia adapts easily to different environmental environments and is one of the most important freshwater species, also worldwide. This research aimed to evaluate ionograms, hematic cytometry and glutamic oxaloacetic transaminase metabolic activity in juvenile red tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) fed with additions of β -glucans in diet. It was held at the El Vergel site, Valencia canton, Los Ríos Province; In the research, a completely randomized design (DCA) was used under controlled conditions for 56 days, for a total of 6 treatments (0, 1, 2, 3, 4 and 5% of β -glucan in diet) with three repetitions (plastic pools with 25 liters of water), a density of 15 juveniles / tanks was used. The variables were subjected to Duncan's multivariate test with $P < 0.05$ of reliability. Hematic cytometry variables (hematocrit, erythrocytes, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration), iron and sodium ionograms were evaluated. and glutamic oxaloacetic transaminase enzymatic activity. The diets were subjected to bromatological analyzes. In the results, it was possible to identify the hematocrit responses, the mean was 30.33%, the erythrocytes had a mean of 1.00 M / μ L; for these variables there was no significant difference. For the variable Mean Corpuscular Volume the mean was 93.49 fL, in the Mean Corpuscular Hemoglobin an average of 32 pg was observed and for the Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration the mean was 34 g / dL, in the sodium ionograms a mean of 147.00 mmol / L and the iron ionogram showed a mean of 373 μ g / dL; in these variables if statistical significance was observed. In the enzymatic activity of glutamic oxaláxetic transaminase the mean was 151 U / L, in this variable there was no significant difference.

Key words: biostimulant, pelleted diets, hematocrits, iron, nutrition

CÓDIGO DUBLÍN

Titulo:	“Efecto de la inclusión de β -glucanos en dieta sobre la citometría hemática, ionogramas y aspartato amino transferasa en juveniles de tilapia roja (<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>)”				
Autor:	Vistin García Adrián Andrés				
Palabras claves:	bioestimulante	dietas peletizadas	hematocritos	Hierro	Nutrición
Fecha de publicación:					
Editorial					
Resumen	Resumen: En Ecuador la tilapia se adapta fácilmente a distintos entornos ambientales y es una de las más importantes especies de agua dulce. Esta investigación tuvo con objetivo evaluar Citometría hemática, ionogramas, y actividad metabólica de transaminasa glutámico oxalacética, en juveniles de tilapia roja (<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>O. niloticus</i>) alimentados con adiciones de β-glucanos en dieta. Se realizó en el recinto El Vergel, cantón Valencia, Provincia de Los Ríos; en la investigación se utilizó un diseño complemente al azar (DCA) bajo condiciones controladas durante 56 días, para un total de 6 tratamientos (0, 1, 2, 3, 4 y 5% de β-glucano en dieta) con tres repeticiones (piscinas plásticas con 25 L de agua), se empleó una densidad de 15 j/t. Las variables fueron sometidas a la prueba multivariada de Duncan con el $P < 0.05$ de confiabilidad, la variables de Citometría hemática (hematocrito, eritrocitos, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media y concentración de hemoglobina corpuscular media), ionogramas de hierro y de sodio y actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética. Las dietas fueron sometidas a análisis bromatológicos. En los resultados se pudo identificar las respuestas de hematocritos la media fue de 30.33%, los eritrocitos presentaron una media de 1.00 M/uL; para estas variables no existió diferencia significativa. Para la variable Volumen Corpuscular Medio la media fue de 93.49 fL, en la Hemoglobina Corpuscular Media se observó una media de 32 pg y para la Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media la media fue de 34 g/dL, en los ionogramas de sodio se obtuvo una media de 147.00 mmol/L				

	y en el de hierro presentó una media de 373 ug/dL; en estas variables si se observó significancia estadística. En la actividad enzimática de transaminasa glutámico oxaláxética la media fue de 151 U/L, en esta variable no existió diferencia significativa. Abstract: In Ecuador, tilapia adapts easily to different environmental environments and is one of the most important freshwater species. This research aimed to evaluate hematic cytometry, ionograms, and metabolic activity of glutamic oxaloacetic transaminase, in juvenile red tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>O. niloticus</i>) fed with additions of β-glucans in diet. It was held at the El Vergel site, Valencia canton, Los Ríos Province; In the research, a completely randomized design (DCA) was used under controlled conditions for 56 days, for a total of 6 treatments (0, 1, 2, 3, 4 and 5% of β-glucan in diet) with three repetitions (plastic pools with 25 L of water), a density of 15 j / t was used. The variables were subjected to Duncan's multivariate test with $P < 0.05$ for reliability, the hematic cytometry variables (hematocrit, erythrocytes, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration), iron and sodium ionograms and glutamic oxaloacetic transaminase enzymatic activity. The diets were subjected to bromatological analyzes. In the results, it was possible to identify the hematocrit responses, the mean was 30.33%, the erythrocytes had a mean of 1.00 M / uL; for these variables there was no significant difference. For the variable Mean Corpuscular Volume the mean was 93.49 fL, in the Mean Corpuscular Hemoglobin an average of 32 pg was observed and for the Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration the mean was 34 g / dL, in the sodium ionograms a mean of 147.00 mmol / L and in iron it presented a mean of 373 ug / dL; in these variables if statistical significance was observed. In the enzymatic activity of glutamic oxaláxetic transaminase the mean was 151 U / L, in this variable there was no significant difference.
Descripción	80 hojas dimensiones, 29 x 21 cm
URI:	

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que permite producir en ecosistemas complejos, constituye unos sectores más importantes en la producción de alimentos (Ramírez-Fernández, Veloz-Atencio y Miranda-Quiroga, 2018) actualmente cubre el 50% de la oferta mundial del pescado, siendo una importante fuente económica. La FAO (Organización-de las Naciones Unidas para a agricultura y la Aimentación (FAO), 2003) define a la acuicultura como la cría de organismos acuáticos, donde la intervención humana es importante para incrementar la producción, actualmente a nivel mundial la acuicultura se utiliza en gran parte para la producción de peces de agua dulce, como la tilapia.

La Tilapia se adapta fácilmente a distintos entornos y es una de las más importantes especies de agua dulce, para la acuicultura mundial. No se conoce con exactitud la fecha de ingreso de tilapia a ecuador (Limma-Netto, Oliveira y Copatti, 2017), no obstante, se estima que fue en el 1965 desde Colombia a Santo Domingo de los Tsáchilas; (Jacome, Quezada-Abad, Sanchez-Romero et al., 2019), se infiere que *O. niloticus* fue traída por agricultores privados de Brasil.

El cultivo de tilapia (*Oreochromis* sp) a nivel comercial se cultiva en sistemas intensivos y semintensivos, donde los requerimientos nutricionales se cubren mediante el empleo de dietas artificiales (Vela-Gutierrez, Contreras-Rojas y Suarez-Suarez, 2016); las condiciones del cultivo, como son altas densidades de siembra y limitada cantidad de agua, los organismos se encuentran susceptibles a un estrés constante que da como resultado bajas tasas de crecimiento, baja eficiencia alimentaria y presencia de enfermedades, para esto se recomienda el uso de inmunestimulantes.

Los inmunoestimulantes son sustancias que potencian el sistema inmunitario, y ayudan a la resistencia a enfermedades infecciosas, dentro de los inmunestimulantes podemos encontrar a los betaglucanos los cuales se encuentran en plantas, algas, hongos, bacterias y levaduras (Vasquez-Piñeros, Rondón-Barragan y Eslava-Mocha, 2012), los más utilizados son provenientes de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Una excelente alternativa para evitar y controlar las enfermedades infecciosas en acuicultura en gran escala es aplicar medidas preventivas, como el uso de inmunestimulantes como β -glucanos, los cuales son administrados como aditivos en la dieta, estos son capaces de ejercer a nivel intestinal a través de la expresión de citoquinas, que a su vez modulan la respuesta inmunesistémica de los peces (Paulina-López, Navarrete, Diaz et al., 2013). Además, los β -glucanos pueden ser utilizados como prebióticos (Pizarro, Ronco, y Gotteland, 2014) debido a su capacidad de promover el aumento de microorganismos de la microbiota intestinal

El actual estudio busca evaluar el efecto de la inclusión de β -glucanos en dieta sobre la citometría hemática, ionogramas y aspartato aminotransferasa en juveniles de tilapia roja.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Los prebióticos son conocidos como fertilizantes de la actividad microbiana lo que permite mejorar el estado de salud ya que estos nutrientes alimentan a las bacterias que se encuentran en el intestino mejorando su crecimiento y óptimo desarrollo del pez. Unos de los prebióticos más conocidos que podemos encontrar son los β -glucanos, los cuales son polisacáridos presentes en la membrana celular de plantas, algas, bacterias, hongos y levadura, la principal propiedad atribuida a los β -glucanos es la modulación del sistema inmune; en peces se ha demostrado que su efecto varía con la especie de estudio y la cantidad incorporada a la dieta, por lo cual es importante evaluar su efecto hematológico en tilapia, ya que esto permitirá conocer las deficiencias nutricionales o efectos tóxicos.

Diagnóstico.

Hoy en día existe poca información sobre el prebiótico β -glucanos como suplemento alimenticio en la dieta de los peces de tilapia roja ya que se utiliza habitualmente el balanceado comercial, por lo que no hay conocimiento que aspectos tendrán sobre la respuesta de los organismo de los peces en la parte de la flora intestinal, metabólica y hematológica en los juveniles de tilapia.

Pronóstico.

A partir de la siguiente investigación se pudo determinar si es fiable la inclusión de β -glucanos en la dieta de (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). Y cómo será la actividad Enzimática metabólica en la respuesta de hematocritos y el contenido de ionogramas.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cuál será la respuesta metabólica de aspartato aminotransferasa (AST), hematocritos e ionograma en juveniles de tilapia roja alimentado con β -glucanos en dieta?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál será el efecto de β -glucanos en dieta sobre la respuesta de hematocritos, eritrocitos, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media y concentración de hemoglobina corpuscular media?

¿Cuánto contenido de ionograma en: sodio y hierro se puede encontrar en juveniles de tilapia roja alimentado con β -glucanos en dieta?

¿Cómo será la actividad enzimática de aspartato aminotransferasa en juveniles de tilapia roja alimentado con β -glucanos en dieta?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar ionogramas, citometría hemática y actividad metabólica de transaminasa glutámico oxalacética, en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) alimentados con β -glucanos en dieta.

1.2.2. Objetivos específicos.

Analizar el efecto de β -glucanos en dieta sobre las respuestas de hematocritos, eritrocitos, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media y concentración de hemoglobina corpuscular media en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*).

Evaluar el contenido de ionograma en cuanto a sodio y hierro en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) alimentados con β -glucanos en dieta.

Determinar el efecto de β -glucanos en dieta sobre la actividad enzimática aspartato amino transferasa sérica en juveniles de tilapia roja.

1.3. Justificación.

La tilapia es un pescado de una creciente demanda tanto para el mercado interno, así como también para exportación a países como Estados Unidos, España, Italia, entre otros. Los principales problemas en los cultivos de tilapia se ven afectado por altas densidades lo que produce desequilibrios fisiológicos los cuales provocan detonando inmunosupresión y facilitando la incidencia de diversos agentes (Ornelas-Luna, Aguilar-Palomino, Hernández-Díaz et al., 2017), (El-Universo, 2018), (Poot-López, Gasca-Leyva y Olvera-Novoa, 2012). Otro factor para considerar en la acuicultura es el alto costo del balanceado ya que representa entre el 30 a 60% del costo de producción, esto está asociado al alto contenido de harina de pescado

Hoy en día existe poca información sobre el prebiótico β -glucano como suplemento alimenticio en la dieta de peces de tilapia roja ya que se utiliza el balanceado comercial, Los β -glucanos, mejoran el rendimiento y crecimiento de las bacterias que se encuentra en el intestino (flora bacteriana) lo que desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de los peces. En la siguiente investigación ofrecerá información de los beneficios que tiene el β -glucanos al incluirlo en la dieta y ver la respuesta metabólica de la tilapia roja, entre ellos lo que se benefician es el mercadeo del producto, las comunidades de productores de pescadores pequeños, se logra un mejoramiento en la producción pesquera y una mayor eficiencia en el crecimiento económico e igual con los consumidores.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Acuicultura.

La acuicultura es optimizar los nutrientes en las especies cultivadas, para lo cual es necesario la selección de materias primas, tomando en cuenta la disponibilidad de alimentos de origen vegetal, con la capacidad de poderse emplear en dietas para peces como las tilapias. En sí es la optimización de recursos, y búsquedas de alimentos alternativos (Méndez-Martínez, Pérez, Verdecia et al., 2019).

2.1.2. Tilapia roja.

Las tilapias representan uno de los peces de cultivo más importante nivel mundial seguido de las carpas (Zuñiga-Jara y Goycolea-Homann, 2014). Las tilapias tienen una alta capacidad de adaptación, su alta eficiencia reproductiva es reflejada por la atención de los nidos, el cuidado parental de los huevos y alevines, también son de reproducción precoz; presentan buena resistencia a la salinidad, a cambios de temperatura y enfermedades infecciosas (Gonzales, Ortiz, Solorzano et al., 2005).

2.1.3. β -glucanos.

Los β -glucanos son un grupo heterogéneo muy diverso de polisacáridos compuesto por monómeros de D-glucosa mediante enlace glicosídicos tipo β ; estos polisacáridos pertenecen a un grupo que tienen la capacidad de modificar la respuesta biológica, debido a su capacidad de interactuar con el sistema inmune de vertebrados e incluso invertebrados (Espinoza-Gallardo, Contreras-Porcía, y Ehrenfeld, 2017).

2.1.4. Parámetros hematológicos y bioquímica sanguínea.

Los parámetros de hematología y química sanguínea son actualmente de gran interés en la determinación del estado de salud y equilibrio metabólico de los peces; varios factores pueden influir en los parámetros sanguíneos tales como la especie del pez, el estadio, el sexo, el estrés, el parasitismo, la temperatura, factores ambientales, tipo de muestreo sanguíneo, técnica de laboratorio, diferencias estacionales y estado nutricional (Sáez, Chero, Cruces et al., 2018).

2.1.5. Ionograma.

El ionograma es una prueba de sangre que permite medir los principales electrolitos del cuerpo, como sodio, cloruro, potasio y bicarbonato (Biblioteca-Nacional de medicina Estados Unidos, 2021).

2.1.6. Aspartato aminotransferasa

Es una enzima utilizada en el estudio de enfermedades hepáticas, sin embargo, se encuentra en células de diversos tejidos, como el músculo esquelético y cardíaco, riñón, eritrocitos y hepatocitos, esta evaluación esta enlazada a hepatopatías, este tipo de análisis debe incluir consideraciones respecto a patología muscular, cardiaca y endocrina (Bustamante, Arab, Terc et al., 2016).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Origen de la tilapia roja.

Las tilapias provienen del Oriente y África e incluyen 1.200 especies. Las diferentes especies se distinguen por el número de branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial, por la forma de cabeza, por su coloración (Parrado-Sanabria, 2012). Este pez es de hábitat tropical, es resistente y se adapta rápidamente en habitat donde se encuentre y el clima, actualmente la tilapia está dentro del segundo lugar en la producción acuícola (Gobierno-De Mexico, 2016).

La tilapia puede vivir tanto en agua dulce como en agua salada, se puede adaptar a aguas poco oxigenada teniendo también resistencia a ciertos factores ambientales; actualmente se distribuye por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y sudeste asiático, históricamente era un pez de poco interés comercial y no le tomaba mucha importancia actualmente su consumo, precio y perspectivas futuras, han aumentado significativamente porque esto contienen nutrientes para el ser humano también como otros factores de beneficio al consumir su carne (Benitez-Jaimes, Rebollar-Rebollar, González-Razo et al., 2015).

2.2.2. Taxonomía de la tilapia roja.

La clasificación taxonómica se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación taxonómica.

Reino	Animal
Phylum	Cordata
Grupo	Craniana (Vertebrata)
Superclase	Piscis
Clase	Osteichtys
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>

Fuente: (Ruiz-Azareño, 2017).

2.2.3. Ciclo biológico de la tilapia roja.

El desarrollo embrionario comienza cuando se da la fecundación, posteriormente una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio perivitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más energéticos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Pérez-Muñoz y Saenz-Ramos, 2015).

Las larvas jóvenes permanecen con su madre por un periodo de 5 a 7 días escondiéndose en su boca cuando existe peligro. El pez hembra está listo para aparearse una semana después que deja de cuidar a sus hijos (Saavedra-Martinez, 2006). Las tilapias juveniles se consideran a partir de una etapa de 7 cm hasta alrededor de unos 10 cm, esta etapa tiene de dos meses de edad, a medida que el tiempo va aumentando sus exigencias nutricionales también. La etapa adulta es la última etapa miden de 10 a 18 cm y pesan de 70 a 100 gramos. Estas medidas se obtienen en 3,5 meses de edad (Rodriguez-Aleman, 2002).

2.2.4. Morfología de la especie.

La tilapia tiene un cuerpo de forma oblogada y comprimida lateralmente muy alto, con orificios nasales simples, uno en cada lado de la cabeza, el cuerpo es color naranja, largas alertas dorsales, compuesto de espinas 16 duras y 12 suaves, tiene entre 29 a 31 escamas a lo largo de la línea lateral; la boca es protráctil, normalmente ancha y bordeada por labio gruesos (Bolaños-Pasmuel, 2015).

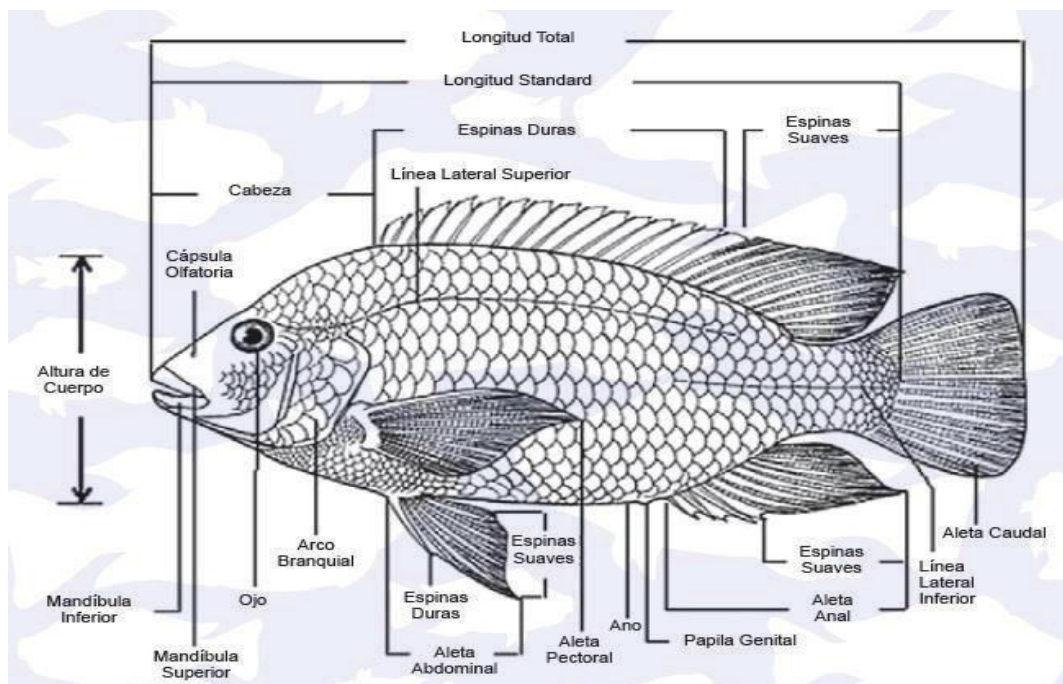


Figura 1. Descripción morfológica de la tilapia (Bolaños-Pasmuel, 2015).

2.2.5. Reproducción.

Para la reproducción se seleccionan peces con un peso de 200 a 400 con una edad de 4 a 6 meses en los machos y en las hembras entre 3 a 5 meses. Las tilapias sexualmente maduras son fácilmente identificadas, las hembras presentan una papila genital prominente y rojiza, en los machos dicha coloración se observa al borde de la aleta caudal y dorsal, es importante elegir reproductores de cabeza angosta y pecho grueso, en relación con el resto del cuerpo, para seleccionar reproductores deben ser del mismo ciclo y presentar tallas grandes (Hsien-Tsang y Quintanilla, 2008).

2.2.6. Crecimiento.

El crecimiento se da en función a la densidad de siembra de peces y de otros factores tanto como ambientales, como la calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto y otras variables correspondientes) y de la tasa máxima de alimentación ofrecida, el crecimiento se puede retrasar cuando los individuos de ambos sexos se encuentran en un mismo estanque y la etapa de la maduración sexual se da en los primeros meses esto causa tallas pequeñas y un desarrollo menor a lo habitual (Pérez-Muñoz y Saenz-Ramos, 2015).

2.2.7. Hábitos alimenticios.

El alimento es un factor esencial en el cultivo de tilapia, representa en una fracción importante en el costo de producción. La composición y el manejo de este determinan el impacto que puede tener sobre el impacto marino y en el desarrollo de las granjas (Fraga, Flores, Reyes et al., 2012).

Los insumos utilizados para reemplazar la harina y aceite de pescado deben satisfacer los requerimientos nutricionales de las tilapias, promoviendo su desarrollo de una forma eficiente y sustentable (*Oreochromis niloticus*), es considerada como una especie omnívora con tendencia herbívora, lo cual favorece la inclusión de insumos de origen vegetal en la elaboración de su alimento balanceado, actualmente se ha llevado estudios con inclusiones de insumos vegetales, con resultados prometedores (Barraza-Guardado, Pérez-Villalba, González-Félix et al., 2020).

2.2.8. Sistemas de producción.

2.2.8.1. Cultivo extensivo.

Se realiza en presas y micropresas, existe poco manejo del hombre y empleo bajo de insumos, la alimentación es a través de alimento natural del agua también se realizan en piscinas convencionales, provocando baja productividad con rendimientos de 100-250 kg/ha/año, las densidades de siembra son bajas (Méndez-Martínez, Pérez-Tamames y Reyes-Pérez, 2018).

2.2.8.2. Cultivo semi-intensivo.

Se utilizan estanques no tecnificados, embalses (construidos en hondados y con limitado manejo de sus aguas, se complementa el alimento natural con fertilizante y alimento artificial, el control de la calidad de agua no es rígido (10-15) t/ha (Baltazar-Guerrero y Palomino-Ramos, 2004).

2.2.8.3. Cultivo intensivo.

Presentan gran número de organismos por unidad de área cultivados, se controla la calidad del agua y del ambiente de cultivo, presenta un rendimiento de 25-30t/ha se emplea alimento artificial exclusivamente (Baltazar-Guerrero y Palomino-Ramos, 2004).

2.2.8.4. Cultivo superintensivo.

Este sistema utiliza estanques de cemento o tierra. Se caracteriza por una alta demanda de agua, oxígeno, alimento y demás insumos de gran calidad. El personal a cargo tiene alto dominio de tecnología, dado que se emplea sistemas automatizados, en este sistema el agua se recicla y se obtiene un rendimiento de 300 t/ha/año (Méndez-Martínez, Pérez-Tamames y Reyes-Pérez, 2018).

2.2.9. Requerimientos medioambientales básicos para la cría de tilapia roja.

2.2.9.1. Agua

Una mala calidad de agua se asocia a la presencia de agentes patógenos, lo que provoca en los peces una reducida tasa de crecimiento y una alta mortalidad, en mayor medida se genera por niveles altos de desechos nitrogenados como amonio, nitrito. La transparencia de agua superior a la recomendada, provoca estrés por luminosidad y mayor exposición de depredadores, además un agua muy clara puede ser señal de carencia de productos primarios, lo que provoca falta de generación de oxígeno disuelto en el agua (Ornelas-Luna, Aguilar-Palomino, Hernández-Díaz et al., 2017). Para tener una buena producción es necesario

mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar (Garcia, Tume, y Juarez, 2012).

2.2.9.2. Temperatura.

Los valores óptimos en temperatura están en un promedio de 20-30°C, pueden tolerar temperaturas menores, no obstante, a temperaturas menores de 15°C. La reproducción se da con éxito a temperaturas de 26 a 29 °C favoreciendo mejor crecimiento. Los máximos niveles de temperatura son de 37 a 42°C (Saavedra-Martinez, 2006).

2.2.9.3. pH.

El pH en el agua puede afectar significativamente la fisiología de los animales acuáticos, *Oreochromis mossambicus* es tolerante a los ácidos, en muchos estudios mencionan que los juveniles de tilapia han crecido sorprendentemente bien en aguas ácidas como aguas ricas en materia orgánica (pH <6).

Otros estudios mencionan que el crecimiento de puede dar en pH 6 - 7 a un pH tan bajo como 4.2 sin problemas alguno (Tomaz-Rebouças, dos Santos-Lima, de Holanda-Cavalcante et al., 2016).

2.2.9.4. Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. Se requiere un rango de oxígeno disuelto mayor a 4.5 mg/L, si se presentan rangos menores de oxígeno presentan las siguientes consecuencias.

- 0.0-0.3 Los peces sobreviven por cortos periodos.
- 0.3-2.0 Grave en exposiciones prolongadas.
- 3.0-4.0 Los peces sobreviven lentamente
- >4.5 Rango necesario para el crecimiento del pez (Guzman-Freire, 2015).

2.2.10. Principales problemáticas en la cría de tilapias.

2.2.10.1. Estrés nutricional.

En el sistema intensivo es común la pérdida de nutrientes o de vitaminas, provocado por el mal manejo y desconocimiento, que conduce a una patología específica, como la enfermedad nutricional de las branquias, asociada con alimentos de iniciación, también causa lesiones hepáticas (Auró-de Ocampo y Ocampo-Camberos, 1999).

2.2.10.2. Estrés oxidativo.

El estrés oxidativo es una alteración generada por un desequilibrio entre la producción de radicales libres o agentes prooxidantes y los mecanismos de defensa o capacidad antioxidante, esto causa un daño en componentes celulares y tejidos que favorecen la presencia de patógeno, el estrés oxidativo puede ser causado, cuando los peces expuestos a prooxidantes lo cual causa una deficiencia en el sistema inmunológico (Ochoa y Gonzáles, 2008).

2.2.10.3. Estrés crónico.

El estrés crónico es más común por que los efectos adversos primero se manifiestan a nivel del suborganismo y se debe a exposiciones continuas o periódicas a bajos niveles de agentes causantes de estrés, lo efectos directos que estos agentes producen en el organismo son metabólicos y afectan los componentes funcionales de las células esto hace que el pez demuestre debilidad, tales como las enzimas y las membranas o modifican funciones como la respiración, circulación, respuesta inmune, osmorregulación y regulación hormonal (Auró-De Ocampo y Ocampo-Camberos, 1999).

2.2.10.4. Nitrógeno.

El nitrógeno es el principal contaminante del agua, parte de este llega a los cuerpos de agua en forma de amonio, nitrato, nitrito, lo que causa toxicidad a los individuos acuáticos. El nitrato es el producto final de nitrificación, es considerado menos tóxico que el nitrito y el

amoniac, para la mitigación del nitrógeno es elemental el recambio de agua, técnicas de uso de agua de recirculación, son claves para un cultivo exitoso (Briones-Perez, Hernandez-Acosta y Leal-Mendoza, 2017).

2.2.10.5. Infecciones por *Streptococcus* spp.

Streptococcus spp., es una de las patologías más severas en tilapia a nivel mundial, causando mortalidad y pérdidas económicas, para el control de este patógeno se utiliza oxitetraciclina y florfenicol, aunque su indiscriminado pueden causar un desbalance en los microorganismos que cohabitan en el estanque del cultivo, por tanto una opción para el control de enfermedades bacterianas es el uso de fitoterapeúticos (García-Pérez, Marroquín-Mora y Pérez-González, 2019).

2.2.11. Parámetros hematológicos.

Los parámetros hematológicos actúan como indicadores de estrés, además como herramientas para monitorear aspectos de salud que afectan los peces, el estudio de los parámetros hematológicos es un indicador sanguíneo del estado de bienestar (Sobrinho-Ventura, Nogueira-De Oliveira, Duarte-Junior et al., 2020). Jerônimo, Laffitte, Speck et al. (2011) aporta que los cambios en la proporción de células sanguíneas en los peces pueden ser indicativos de una enfermedad o exposición de sustancias químicas, se debe analizar la hematología cuando los animales están expuestos a cambios ambientales debido a contaminantes, estrés, infecciones, parasitismo y estacionalidad.

Por otro lado, Buenaño (2010) menciona que los parámetros sanguíneos de los peces indican su estado fisiológico y se emplean para valorar la efectividad del control de enfermedades infecciosas, desbalances nutricionales, efectos tóxicos, estrés y otros factores que se pueden presentar durante el cultivo.

2.2.12. Hemograma

El hemograma que se realiza en peces contempla los análisis del eritrograma: hematocrito, hemoglobina, recuento total de eritrocitos, índices hematimétricos de Wintrobe (VCM,

CHCM) y del leucograma: Recuento total de leucocitos y fórmula diferencial, además de la observación de las características morfológicas celulares al frotis. El hemograma sirve para detectar anemias y estado de estrés o deshidratación en peces el trastorno hematológico más común es la anemia (Salgado-Schuler, 2017), (Rozas, Walker, Müller et al., 2015).

2.2.13. Hematocrito.

El hematocrito está relacionado con la actividad de los peces y su hábitad, el valor de los hematocritos es mayor en peces acuícolas que en peces aguas saladas, éstos últimos presentan mayor cantidad de glóbulos rojos los cuales además son más pequeños. Este aumento del número de eritrocitos pequeños tendría como función mejorar el intercambio gaseoso debido a su mayor relación superficie/volumen (Alaye-Rahy y Morales-Palacios, 2013).

Saputra, Andayani, Nusyam et al. (2019), indica que cuando el valor en hematocritos es menor al 22% se transcribe como anemia, mientras que si el hematocrito es mayor al 60% el pez estará en un estado de estrés; un hematocrito bajo puede indicar que la presencia de contaminación de peces.

2.2.14. Eritrocitos.

Los eritrocitos son el 45% del volumen sanguíneo circulante en los peces, la proporción que estos guardan con el plasma se conoce como hematocrito. Los eritrocitos presentan forma elipsoidal con abundante citoplasma acidófilo de tono que varía entre gris a rosado.

El núcleo es central de forma ovalada, basófilo y orientado según el eje mayor de la célula (Lopez-Santiago, 2016), (Galeano, Prat, Guagliardo et al., 2010).

2.2.15. Aspartato aminotransferasa

Aspartato aminotransferasa es una enzima soluble que usualmente está confinada en el citoplasma celular, pero se libera al ambiente extracelular cuando la célula llega a apoptosis (Pérez, Pupo, Moneriz-Pretell et al., 2017). Se encuentra presente en células de diversos

tejidos, tales como el músculo esquelético y cardíaco, riñón, eritrocitos y hepatocitos, entre otros. Así, si bien su elevación está generalmente relacionada a hepatopatías, el diagnóstico diferencial de esta alteración de laboratorio debe incluir consideraciones respecto a patología muscular, cardíaca y endocrina (Bustamante, Arab, Terc et al., 2016).

2.2.16. Volumen corpuscular.

Indica el tamaño y capacidad del eritrocito, se mide en fentolitros (fL). El tamaño permite clasificar como normocítica, microcítica o macrocítica (López-Santiago, 2016).

2.2.17. Hemoglobina corpuscular media.

Indica la cantidad de hemoglobina contenida en un eritrocito y se expresa en picogramos (pg) (López-Santiago, 2016).

2.2.18. Concentración media de hemoglobina corpuscular.

La hemoglobina corpuscular media como la concentración media de hemoglobina corpuscular permiten clasificar a los eritrocitos como normocrómicos, hipocrómicos, o hiperocrómicos, aunque estos últimos excepcionalmente serán informados (López-Santiago, 2016).

2.2.19. Ionograma.

El ionograma es un análisis de sangre que mide el nivel de sodio, junto con el de otros electrolitos como potasio, cloruro y bicarbonato (MedlinePlus, 2020).

2.2.20. Inmunoestimulante.

Los inmunoestimulantes son una alternativa al uso de antibióticos y quimioterapéuticos que causan problemas de resistencia bacteriana y ambiental. Los inmunoestimulantes son sustancias que estimulan la respuesta inmune, incrementando la resistencia de los peces al estrés y a las enfermedades (Luna-González, Moreno-Herrera, Campa-Cordova et al., 2013).

2.2.21. Prebióticos.

Los prebióticos son carbohidratos no digeribles que estimulan el crecimiento y la actividad de los probióticos. Un prebiótico es un ingrediente alimenticio no digerible que beneficiosamente afecta al huésped mediante la estimulación selectiva del crecimiento y la actividad de una o un número limitado de bacterias en el tracto digestivo (Díaz y Gallego-Alarcón, 2016). Los inmunoestimulantes son agentes capaces de estimular el sistema inmunológico del animal, haciéndolo más capaz de resistir y combatir las infecciones; esto se da mediante la activación de mecanismos celulares. Entre los inmunoestimulantes tenemos los prebióticos, que se pueden utilizar en forma de aditivos nutricionales, para facilitar la administración y reducir los costos de producción (Gimenes, Dias, Gerbas et al., 2020).

2.2.22. B-glucanos.

Los cuales son polisacáridos presentes en la membrana celular de plantas, algas, bacterias, hongos y levaduras. Los β -glucanos se encuentran en granos con mayores concentraciones en avena y la cebada entre 2.0% a 6.0%. En levaduras, como el *Sacharomyces cereviciae*, la pared celular se compone aproximadamente del 40% β -glucano, 40% α -manano, 8.0% de proteína, 7.0% de grasa, 3.0% de sustancias inorgánicas, 2.0% quitina y hexosaminas (Díaz y Gallego-Alarcón, 2016).

2.2.22.1. Estructura de los β -glucanos.

La mayoría de los β -glucanos con propiedades antitumorales e inmunomoduladoras poseen un esqueleto compuesto por unidades de D-glucosa unidas por enlaces β -1,3 con ramificaciones β -1,6-glucopiranosidas (Llauradó-Maury, Morris-Quevedo, Albear et al., 2011).

2.2.22.2. Uso de β -glucanos en peces.

En peces, se ha demostrado que el efecto de los β -glucanos varía con la especie de estudio, y depende de la cantidad incorporada en la dieta, la duración en la alimentación y

temperatura ambiental. Los β -glucanos solubles pueden ser absorbidos por el intestino y por tanto ser nutritivos. Se ha demostrado su efecto en inmunoestimulación de peces sanos, inmunoestimulación en peces inmunocomprometidos, inmunoestimulación por inyección (así como su efecto adyuvante), estimulación de la inmunidad adaptativa y su efecto junto a vacunas (Vasquez-Piñeros, Rondón-Barragan y Eslava-Mocha, 2012).

2.2.22.3. B-glucanos *Saccharomyces cerevisiae*.

Una de las mayores fuentes de β -glucano son las levaduras desde el punto biotecnológico es una ventaja debido a su precio e incluso podría cultivarse fácilmente. Además la biomasa de levadura es un subproducto en la producción de cerveza y vino, y también se puede usar como materia prima para producción de β -glucanos; otra ventaja es que el β -glucano de la levadura es considerado GRAS es decir aprobado por la FDA (Petravic-Tominac, Krpan, Srećec et al., 2010). Esta sustancia es considerada un potente estimulador del sistema inmunológico y de la resistencia contra enfermedades bacterianas, virales, fúngicas y protozoarias; su actividad como inmunoadyuvante y estimulador hematopoyético (Véliz-R, Noa-P y Noa-L, 2008).

2.2.23. Investigaciones relacionadas con el presente estudio.

➤ Canello-Schalch, Gianini-Abimorad, Makoto-Onaka et al. (2015) realizó un estudio sobre los parámetros hematológicos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) alimentada con dieta de hongos suplementada *Agaricus blazei*, donde obtuvo como resultado que hubo un aumento de leucocitos inmaduros y hematocrito y disminución de los trombocitos circulantes en los peces que recibieron la suplementación con *A. blazei*, concluyendo que el hongo solar agregado al alimento para la tilapia es importante para un mayor incremento de células jóvenes.

➤ Selim y Reda (2014) estudió los efectos de una combinación de beta-glucanos (β -G) y oligosacáridos de manano (MOS) en la dieta en Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, trabajando con tres grupos que se detallan a continuación en tres grupos (G1, G2 y G3) de 120 peces; G1 (grupo de control) fue alimentado con una dieta basal, mientras que G2 y G3 fueron alimentados con dietas suplementadas con prebióticos a niveles finales de 1,5 y 3,0

g / kg. Los peces que fueron alimentados con la mezcla prebiótica tuvieron mejor porcentaje relativo de supervivencia que los peces G1 después del desafío con *Yersinia ruckeri*. La suplementación dietética con β -G y MOS en combinación mejora el rendimiento de la tilapia del Nilo; también mejora la actividad de la lisozima sérica debido a que fue significativamente mayor en G3 y G2 que en G1.

➤ Dawood, Mohamed, Moustafa et al. (2019) realizó un estudio sobre efectos simbióticos de *Aspergillus oryzae* y β -glucano sobre el crecimiento y respuestas oxidativas e inmunes de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*. Los peces se alimentaron con el control, o tres dietas incorporadas con 1 ASP, 1 BG o 0.5 ASP + 0.5 BG g/kg⁻¹ (dietas de control, ASP, BG y AS /BG). La inclusión de ASP /BG estimularon el estado oxidativo en la tilapia del Nilo de una manera específica comparado con el régimen de control en términos de elevación en las enzimas oxidativas y antioxidantes. Los marcadores de respuesta inmune se activaron mediante la suplementación de ASP y / o BG y podría tener un efecto significativo en la conservación de un pescado sano y, a su vez, mejorar la defensa.

➤ Saham y Duman (2010) en este estudio, se investigaron los efectos de la administración de beta-glucano en diferentes dosis sobre la respuesta inmune inespecífica y los parámetros hematológicos en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sana. Los peces fueron alimentados con dietas que contenían 0,5% y 0,1% de glucano (experimento) y sin glucano (control) durante 2 semanas. Después de la alimentación durante 2 semanas con 2 dosis diferentes. Las cantidades de leucocitos y actividad fagocítica, los porcentajes de linfocitos y monocitos de los peces alimentados con dietas que contenían 0,1% de glucano fueron superiores al 0,5% de glucano y los grupos de control ($P < 0,05$). Se encontró que la cantidad de glóbulos rojos era mayor en los grupos experimentales que en el grupo de control. No hubo diferencias entre los grupos en cuanto a los valores de Hb, Hct, MCV, MCH, neutrófilos, eosinófilos y tamaño de las células ($P > 0,05$).

➤ Ruiz-González, Luis-Eduardo, Del Rio-Zagaroza et al. (2018) estudió el uso de hongos macroscópicos como inmunoestimulantes en peces teleósteos, teniendo como objetivo el análisis de investigaciones similares, determinando que el uso de hongos macroscópicos en la acuicultura ofrece una amplia gama de propiedades nutricionales y medicinales que permiten disminuir las pérdidas por la aparición repentina de enfermedades en los cultivos de peces.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización y metodología.

Esta investigación se realizó en El Vergel, cantón Valencia, Provincia de Los Ríos. Con su localización geográfica de 0°47'45.7" de latitud sur y 79°21'10.3" de longitud oeste, a una cúspide de 60 metros sobre la altitud del mar.

3.1.1. Condiciones Agroclimáticas.

El lugar donde se realizó la investigación presenta las siguientes condiciones agroclimáticas (Tabla 2).

Tabla 2. Características agroclimáticas del lugar experimental.

Datos meteorológicos	Promedios
Temperatura C°	26
Humedad relativa %	85
Precipitación anual mm	1.887
Zona ecológica	Bosque húmedo tropical
Topografía	Irregular

Fuente: (INAMHI, 2018)

3.2. Tipo de investigación

Dicha investigación aporta a la línea de investigación de Agricultura, Silvicultura y Producción Animal con la sublínea de desarrollo de sistemas de producción que originen el uso eficaz de los recursos genéticos con esto llevara a futuras generaciones a llevar un mejor manejo. A través de una investigación experimental se pudo contribuir en la evaluación del efecto de la inclusión de β -glucanos en dieta sobre, Citometría hemática, ionogramas y aspartato amino transferasa en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*).

3.3. Método de investigación.

3.3.1. Método inductivo.

Mediante este método se pudo ir desde el problema general al conocimiento particular, agrupando información sobre dietas en tilapias roja con inclusión de β -glucanos; con el fin de determinar el efecto de este aditivo en la actividad enzimática aspartato amino transferasa sérica, ionogramas y citometría hemática de tilapias rojas.

3.3.2. Método Experimental

El método experimental nos permitió verificar la relación entre las inclusiones usadas de β -glucanos en dieta de tilapia roja y su respuesta con el metabolismo.

3.4. Fuente de recopilación de Información.

Primaria:

Las fuentes primarias se obtuvieron mediante la evaluación en el campo y laboratorio, para evaluar la actividad enzimática aspartato amino transferasa sérica, ionogramas y citometría hemática y sus respuestas.

Secundarias:

Para la recopilación de las fuentes secundarias se tomó de fuentes bibliográficas como libros, revistas, tesis de pregrado, libros digitales, informes, artículos científicos, etc.

3.5. Diseño de la investigación.

El diseño que se utilizó en la investigación fue complemente al azar (DCA) bajo investigación de 56 días, con el uso de 6 tratamientos (0, 1, 2, 3, 4 y 5% de β -glucano en dieta). Se trabajó con tres repeticiones (piscinas plásticas con 25 Litros de agua), Se empleó una densidad de 15 juveniles/tanques. Las dosis de β -glucanos fueron determinadas en base

a otras investigaciones consultadas, como las de Selin y Reda (2014) y Dawood, Mohamed, Moustafa et al. (2019); donde se ha estudiado la inclusión de β -glucanos en la dieta para la alimentación de tilapias, en rangos que oscilaron de 0,5 a 3g/kg, obteniendo resultados prometedores en variables enzimáticas y productivas.

3.5.1. Esquema de análisis de varianza.

A continuación se muestra el análisis de la varianza, ver Tabla 3.

Tabla 3. Resumen del análisis de varianza.

Fuente de Variación	Fórmula	Grados de Libertad
Tratamiento	t-1	5
Error Experimental	t (r-1)	12
Total	Tr-1	17

El modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \text{ (Vera-Barahona y Vera-Chang, 2018).}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera en el (i) se refiere al efecto del tratamiento

T_i = Efecto del tratamiento en estudio.

E_{ij} = Error experimental en estudio.

μ = Efecto de la media de la población (Vera-Barahona y Vera-Chang, 2018).

3.6. Instrumento de investigación.

3.6.1. Formulación y elaboración de dietas experimentales.

En el presente estudio, todas las dietas (Tabla 4) se formularon (LINDO Systems, Inc. IL, USA), y la suplementación de diferentes niveles de β -Glucanos: 0 (control), 1, 2, 3, 4 y 5 %, para un total de 6 tratamientos. Todos los ingredientes se tamizaron con un tamiz de malla de 250 μ m y se pesaron con una balanza digital. Para cada dieta se mezclaron todos los

macroingredientes en una mezcladora industrial hasta obtener una mezcla uniforme. Los microingredientes se mezclaron en un recipiente plástico antes de agregarlos a la mezcla. La lecitina de soja y aceite de pescado se mezclaron hasta obtener una mezcla homogénea y luego se agregó agua con un equivalente al 30 % por peso de los ingredientes. El alimento fue peletizado con una picadora de carne para obtener gránulos de 2 mm, que luego se secaron durante 8 h a 45 °C en un horno de flujo de aire, luego los pellets secos se envasaron en bolsas plásticas y se mantuvieron a -4 °C hasta su uso (Méndez-Martínez, Torres-Navarrete, Pérez-Tamames et al., 2021).

Tabla 4. Formulación y composición química de dietas experimentales con β -glucanos.

Ingredientes	Niveles de β -Glucanos en dietas (%)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Pasta de soya	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
Harina de Pescado	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	47.00
Harina de Trigo	13.90	13.90	13.90	13.40	12.90	11.90
Harina de Maíz	4.00	3.00	2.00	1.50	1.00	0.50
β -Glucanos	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Lecitina de Soya	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aceite de pescado	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Grenetina	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Vitamina C	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezclas Minerales	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezclas Vitamínicas	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Composición proximal real (% Materia Seca)						
Materia seca (%)	89,07	89,54	89,51	88,76	89,24	89,21
Proteína (%)	37,65	37,78	37,63	37,45	37,84	38,26
Grasa (%)	3,15	3,24	3,43	3,29	2,28	3,73
Ceniza (%)	5,74	8,79	7,37	6,10	8,21	7,01
Fibra (%)	4,60	5,62	4,93	4,87	4,54	5,08
Hidratos de Carbono (%)	48,87	44,57	46,64	48,29	47,13	45,92
Energía bruta ((Kcal/g))	4,43	4,31	4,26	4,28	4,28	4,42

3.6.2. Condiciones de cultivo de los peces

A lo largo de la semana de adaptación los juveniles de tilapia roja fueron desparasitados. Todos los tanques experimentales fueron sifonados diariamente en las mañanas, previo a alimentar para desechar las heces y alimentos sobrantes y el 20% de agua fue reemplazada. Los juveniles al principio fueron alimentados a una tasa del 5% de la biomasa día-1 dividido en 2 raciones 50% a las 8:00 horas y 50% a las 17:00 horas, las raciones cotidianas se ajustaron a cada semana para reducir la proporción de comida sobrante.

Durante el período de cultivo se revisó el estado físico-químico del agua, lo cual se realizó cada 14 días, la temperatura fue medida con un termómetro de mercurio, el pH y los parámetros químicos se determinaron con un colorímetro (Saltwater Master Test Kit) manteniendo los siguientes valores:

<u>Indicadores de calidad de Agua</u>	<u>Valores</u>
pH	7.6
Amonio	0.21 a 0.24 mg L ⁻¹
Nitritos	0.21 – 0.23 mg L ⁻¹
Nitratos	4 – 12 mg L ⁻¹
Carbonato	71.6 ppm/L
Oxígeno disuelto	4.06 a 5.0 mg L ⁻¹ .
Temperatura	25-28 °C

3.6.3. Obtención de las muestras de sangre.

La muestra de sangre se obtuvo después de 56 días de alimentación a los juveniles de tilapia, se dejó en iniciación 14 horas para luego de 57 días poder sacar la sangre. Para la obtención de las muestras se utilizó materiales, como alcohol, guantes, tubos de ensayo, algodón, jeringas entre otros equipos. El primer paso para la extracción fue desinfectar las manos y luego a secarlas, como siguiente paso nos colocamos los guantes, después se anestesió a los peces con eugenol: alcohol a 1:3 mL, usando 10 litros de agua, aproximadamente 2 minutos por tratamiento, como siguiente paso se desinfectó la zona donde se iba a realizar el pinchazo. Se tomaron muestras de la vena caudal, entre la línea lateral y el centro del

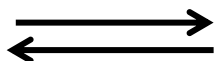
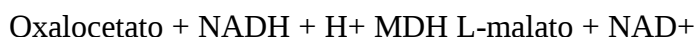
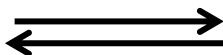
abdomen, utilizando una jeringa de 3 ml. Una vez extraída, la sangre se colocó en los tubos Vacutainer previamente identificados. Se realizó las pruebas y análisis respectivos.

3.6.4. Variables evaluadas

3.6.4.1. Actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética.

Se utilizó el reactivo del kit human Liquicolor para la determinación de la transaminasa glutámica oxalacética (AST o TGO); una vez conseguido el suero y se incubó en baño maría a 37 ° C durante un periodo de 15 min, luego mediante el espectrofotómetro, se leyó la absorbancia con precisión después de 1.2 y 3 min. Mediante la reacción de MDH (malato deshidrogenasa) se comprobó la concentración catalítica, teniendo presente la celeridad de desvanecimiento del NADH, medido a 340 nm.

Apertura de la reacción:



(Zambrano-Rodríguez, 2020).

3.6.4.2. Citometría hemática: Serie -roja.

Hematocrito.

El cálculo del hematocrito se basa en la centrifugación de una muestra de sangre sin coagular colocada en un tubo capilar graduado especial y, después de la centrifugación, se puede medir la altura del volumen ocupado por las células sanguíneas. La parte inferior del tubo está hecha de plastilina, este se coloca en la centrífuga (Los extremos cerrados quedaran hacia afuera y ajustados al borde exterior de la goma). En seguida se centrifugó durante 30 min a 3000 rpm. Una vez que se aíslan los tubos de la centrífuga, se tomaron lecturas con un

lector de hematocrito, donde el capilar se colocó de manera que el punto de inicio de la sangre coincida con la línea cero y el capilar se desplace hacia la derecha o hacia la izquierda por encima de la línea 100 para el final del plasma, el valor obtenido de la línea que cruza el capilar donde se forman el plasma y las partículas, ese valor se expresa en porcentaje (%) (Zambrano-Rodríguez, 2020).

Eritrocitos.

Para ello se utilizó citometría óptica, para lo cual con una pipeta Thoma se tomó una muestra de sangre para glóbulos rojos; se ejecutó una dilución 1:200 usando diluyente de Hayem en una cámara Neubauer; luego se dejó reposar durante 3 minutos para que clarifiquen los glóbulos rojos y realizar el recuento manual; si la cuadrícula central tiene 400 cuadrados, se ha realizado el siguiente cálculo (Catagua-Párraga, 2020).

Ecuación 1.

$$N \times 200 \times 10 \times 400 = N \times 10^3/80.$$

Dónde:

N= Número de eritrocitos contados.

200=Titulo de la dilución.

10= Corrección de la profundidad de la cámara de Neubauer.

400=Total de cuadros pequeños del cuadro central de la cámara.

80=Total de cuadros pequeños contados (Catagua-Párraga, 2020).

Volumen Corpuscular Medio.

Ecuación 2.

$$\text{VCM (fL)} = \text{Hematocrito (\%)} \times 10^{15} / \text{Eritrocitos} \times 10^{12}/(\mu\text{L}) \text{ (Catagua-Párraga, 2020).}$$

Hemoglobina Corpuscular Media (HCM).

Ecuación 3.

$$\text{HCM (pg.)} = \text{Hemoglobina (g/dL)} \times 10 / \text{Eritrocitos} \times 10^6/(\mu\text{L}) \text{ (Catagua-Párraga, 2020).}$$

Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM).

Ecuación 4

$$\text{CHCM (g/dL)} = \text{Hemoglobina (g/dL)} \times 100 / \text{Hematocrito (\%)} \text{ (Catagua-Párraga, 2020).}$$

3.6.4.3. Ionogramas.

Sodio.

Mediante la actividad enzimática β galactosidasa de sodio-dependiente con ONPG como sustrato se logró la adquisición de histogramas de electrones de sodio. Los reactivos y las muestras se llevan a temperatura ambiente. Los tubos marcados se pipetearon, luego se mezclaron y se incubaron durante un minuto a 37°C y seguido de eso se leyó a 405 nm. Luego se incubó a 2 minutos a 37°C y se leyó (A2) a 405 nm (Zambrano-Rodríguez, 2020).

Hierro.

Para este ionograma se utilizó un fotómetro que mide a 560 ± 20 nm, pipetas de espesor variable con puntas desechables para reactivos, muestras y tubos; para las pruebas se realizó el procedimiento anterior, los reactivos y las muestras se llevaron a temperatura ambiente, luego se combinaron los tubos y se dejaron reposar durante 5 min a temperatura ambiente. Frente a agua destilada se pudo leer la absorbancia (A) de los blancos de muestra a 560 nm y la absorbancia (A) de las muestras y el patrón a 560 nm se leerá en el blanco de reactivo (Zambrano-Rodríguez, 2020).

3.7. Tratamiento de los datos.

El resultado de cada variable fue demostrado como medias $\pm$ desviación estándar (SD), mediante el programa de ANOVA. En valores significativos para F, se utilizó la prueba multivariada de Duncan con el $P < 0.05$ de confiabilidad para contrastar las disconformidades entre medias de los tratamientos; se empleó el software Infostat. En la tabla 5 se observan los tratamientos que fueron estudiados.

Tabla 5. Descripción de los Tratamientos experimentales.

Tratamientos	Inclusión de β -glucano en Dieta
T0	0% de β -glucano (Control)
T1	1% de β -glucano
T2	2% de β -glucano
T3	3% de β -glucano
T4	4% de β -glucano
T5	5% de β -glucano

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

Para el desarrollo de esta investigación se contó con el aporte de: Dr. Yuniel Méndez Martínez (Director del proyecto de Investigación) y Adrián Andrés Vistín García. (Autor del proyecto de investigación).

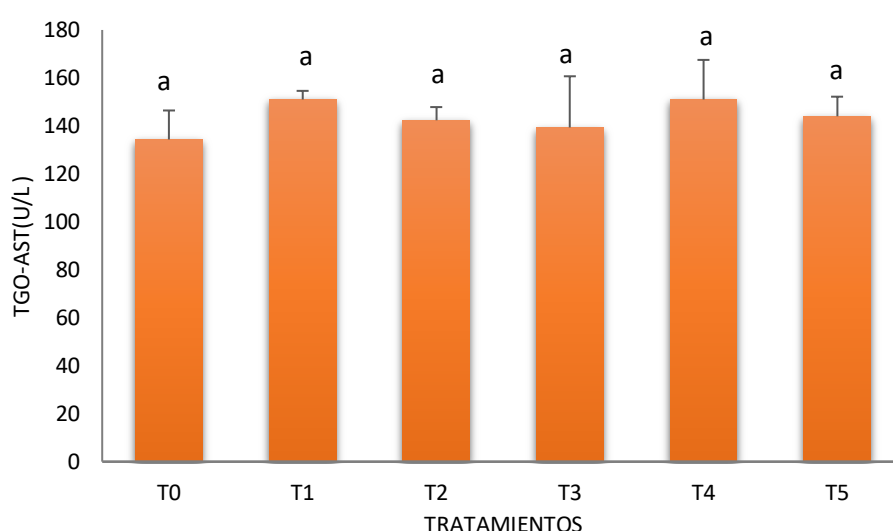
3.8.2. Materiales e insumos

- Aceite vegetal
- Pie de rey digital
- Vitamina C
- Tanques de plásticos (100 L)
- Premezcla mineral
- Tubos PVC Premezcla vitamínica
- Termómetro
- Alginato de sodio
- Termostato
- Eugenol
- Pipeta
- Alcohol
- Alevines de tilapia roja
- Tijera quirúrgica
- Tubos Eppendorf
- Hielera
- Micropipetas
- Algodón Funda hidratada para preservar muestras biológicas
- Centrifuga
- Mortero
- Baño María
- Espectofotometro
- Guantes

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética (U/L).

Según el análisis de varianza para la variable actividad enzimática de transaminasa glutámico oxalacética en alevines de tilapia roja con inclusión de β -glucano en dieta se concluyó que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo la mayor actividad enzimática de TGO fue la del T1 (1% inclusión de β -glucano) y T4 (4% inclusión de β -glucano) con medias de 151 ± 3.61 y 151 ± 16.52 respectivamente. La menor actividad enzimática la presento el T0 (0% inclusión de β -glucano) con una media de 134.33 ± 12.10 . Ver figura 2.



Medias con una letra común no son significativamente según el test de Duncan ($p \geq 0.05$)

Figura 2. TGO en juveniles de tilapia roja con inclusión de β -glucano en dieta.

Según Wang, (2016) al evaluar la respuesta del bagre amarillo (*Pelteobagrus fulvidraco*) alimentándolos con diferentes niveles dietéticos de aflatoxina B1 pura 0, 200, 500 y 1.000 $\mu\text{g/kg}$ encontró diferencia significativa obteniendo una media de $29.87 \pm 2.30\%$ al incorporarle a la dieta 1.000 $\mu\text{g/kg}$ de aflatoxina B1 pura; datos inferiores a los obtenidos.

Duque-Osorio (2017) plantea que los peces cultivados en biofloc tienen mayor número y mayor tamaño de células blancas a diferencia de los peces mantenidos en RAS. Esto debido a una mayor actividad (quimiotáctica, fagocítica y microbiciada) de los glóbulos blancos en el sistema de biofloc. Esto debido a que obtuvo un promedio de 295 ± 38.18 en peces mantenidos en RAS y en Biofloc de 498.66 ± 452.69

4.2. Citometría hemática: Serie roja.

4.2.1. Hematocritos (%).

En esta variable se pudo observar que el análisis de la varianza no registró diferencia significativa ($p \geq 0.05$), donde el T1 (1% inclusión de β -glucano) y el T2 (2% inclusión de β -glucano) resultaron con mayor promedio de 30.33 ± 0.58 % y 30.33 ± 1.15 % respectivamente, seguido del T3 (3% inclusión de β -glucano) y T4 (4% inclusión de β -glucano) con 29.67 ± 1.53 % para ambos tratamientos. Los tratamientos con menor promedio fueron el T0 (0% inclusión de β -glucano) y el T5 (5% inclusión de β -glucano) con valores de 29.00 ± 1.00 % y 29.00 ± 1.73 %.

Di Domenico, Canova, Figueriredo et al. (2017) no tuvo ningún resultado sobre las células sanguíneas tras la adición de β -glucano a la dieta, al estudiar los efectos en la sangre suministrando 0.01% y 0.1% a la dieta de bagres plateado. Fuera de esto los individuos con β -glucano en su alimentación asumieron una actividad hemolítica del complemento natural significativamente mayor que los peces testigos y manifestaron menos bacterias en la sangre señalando un promedio de hematocrito de 49.0 ± 0.9 % con el 0.01% y 41.0 ± 0.9 % a los 28 días.

Corredor-Castillo y Landines-Parra (2018) señalan que al igual que esta investigación no obtuvieron diferencia significativa ($p > 0.05$) en varios parámetros productivos y hematológicos al evaluar en cachama blanca la adición de vitamina C; donde se realizó la extracción de sangre en diversos tiempos (5, 30, 60 y 360 minutos), para determinación de hematocrito; obteniendo medias que iban desde 35.33% a 38%.

Estudios realizados por Alaye-Rahy y Morales-Palacios (2013) obtuvieron diferencias significativas entre los valores promedios de hematocrito al analizar los parámetros hematológicos y células sanguíneas en organismos juveniles de pescado blanco; señalando una media de 36.2 ± 3.1 % de peces juveniles mantenidos en tinas dentro de un sistema de recirculación.

4.2.2. Eritrocitos (M/ μ L).

Según el ANDEVA para la variable Eritrocitos observamos que no existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en estudio, siendo el mayor índice el T1 (1% inclusión de β -glucano) con 1.00 ± 1.00 M/ μ L, los menores valores lo registraron los tratamientos T0 (0% inclusión de β -glucano), T2 (2% inclusión de β -glucano), T3 (3% inclusión de β -glucano), T4 (4% inclusión de β -glucano) y el T5 (5% inclusión de β -glucano) con 0.67 ± 0.58 M/ μ L.

Hahn-Von Hessberg, Grajales-Quintero y Gutiérrez-Jaramillo (2011); expresa que al evaluar los parámetros hematológicos de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) obtuvo una concentración promedio de eritrocitos de 1.78 ± 0.056 M/ μ L alimentando los animales tres veces al día con alimento balanceado de 24% de proteína para tilapias; valor que supera al obtenido en esta investigación.

Según Gonzales, Curto y Fernández-Méndez (2019) al determinar los valores hematológicos de reproductores de *Brycon amazonicus* bajo cultivo en Iquitos, tomo muestras de sangre de 12 ejemplares mantenidos en estanques de tierra y alimentados dos veces al día con una dieta comercial extruida al 22% de proteína bruta, obtuvo valores superiores a los obtenidos con una media de 2.9 ± 0.6 M / μ L.

4.2.3. Volumen Corpuscular Medio (fL).

Para la variable de volumen corpuscular medio si se registró diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$) indicando que la mayor media fue 93.49 ± 2.65 fL en el T0 (0% inclusión de β -glucano) seguido del T2 (2% inclusión de β -glucano) con 91.00 ± 2.65 fL. La menor media fue la del T3 (3% inclusión de β -glucano) con 86.67 ± 5.77 fL.

Teniendo en cuenta a Correa-Negrete, Garrido-Correa, Prieto-Guevara et al. (2009) quien al realizar una caracterización hematológica en hembras y machos adultos de blanquillo *Sorubim cuspicaudus* no obtuvo diferencia significativa; pero señalo medias de 11.5 ± 2.2 fL en machos y 12.2 ± 5.7 fL en hembras, valores inferiores a los del actual trabajo.

Como expresa Valenzuela, Alveal y Tarifeño (2002) sus valores superan a los obtenidos en esta investigación; al determinar la respuesta hematológica en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) llevadas a hipoxia progresiva por mantención de los peces en respirómetros estáticos por 5, 10, 20 y 30 minutos; este encontró disminución de las constantes hematológicas con respecto al control en distintos tiempos señalando una media de 318.87 ± 42.71 fL a los 30 minutos.

4.2.4. Hemoglobina Corpuscular Media (pg).

Según el análisis de varianza final para la variable Hemoglobina Corpuscular Media si existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$), el T4 (4% inclusión de β -glucano) presento el mayor promedio de 32.00 ± 2.65 pg seguido del T5 (5% inclusión de β -glucano) con una media de 30.97 ± 0.06 pg mientras que el T1 (1% inclusión de β -glucano) fue el tratamiento con menor media de 21.43 ± 1.25 pg.

Buenaño-C (2010) manifiesta en su trabajo que obtuvo diferencia significativa al realizar Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres edades (juveniles, adultos y reproductores) y dos sexos señalando una media de $71,91 \pm 2,58$ pg en juveniles, cuyos valores superan a los obtenidos. Este a su vez argumenta que los machos exhiben valores altos por su alto metabolismo.

Como señala Salazar-Lugo, Blanco, Centeno et al. (2011) quienes evaluaron algunas respuestas hematológicas e inmunológicas del pez *Colossoma macropomum* expuesto a 0.2 y 1 ppm de cloruro de cadmio durante 15 días obtuvo a los siete días de exposición al metal un aumento en el VCM 413 ± 93 pg que nuevamente a los quince días de exposición a Cd los valores promedios disminuyen 309 ± 104 pg.

4.2.5. Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (g/dL).

El análisis de la varianza revelo la existencia de diferencia altamente significativa ($p \leq 0.05$) para esta variable el valor más alto lo registro el T3 (3% inclusión de β -glucano) con 34.00 ± 2.65 g/dL seguido el T0 (0% inclusión de β -glucano) con 33.23 ± 1.15 g/dL. El

tratamiento con menor promedio lo registro el T2 (2% inclusión de β -glucano) con un valor de 27.33 ± 3.06 g/dL.

De acuerdo con Rocha-Baquero, Pascuas-Caviedes, y Pianeta-Pérez (2017) se obtienen datos casi similares ya que al evaluar la respuesta hematológica en tilapias (*Oreochromis niloticus*) cautivas en jaulones y las que nadan libremente en el embalse; destaco que en ambas la concentración de hemoglobina corpuscular media fue pareja, teniendo medias de 33.05 ± 0.05 g/dL en tilapias libres y de 33.14 ± 0.08 g/dL en cautivas.

Por otro lado Hahn-von Hessberg, Quiroz-Bucheli, y Grajales-Quintero (2014) en *O. niloticus* con pesos que van desde 50-150 g y 150-250 g decidieron contrastar ciertos parámetros hematológicos, para obtener referentes de comparación; el análisis estadístico fueron similares en los dos rangos de peso así obtuvo la mayor media en los pesos de 150-250 g con $29,61 \pm 5,08$ g/dL valores que difieren con los de este estudio.

Tabla 6. Valores medios $\pm$ desviación estándar de las variables en estudio en tilapia roja.

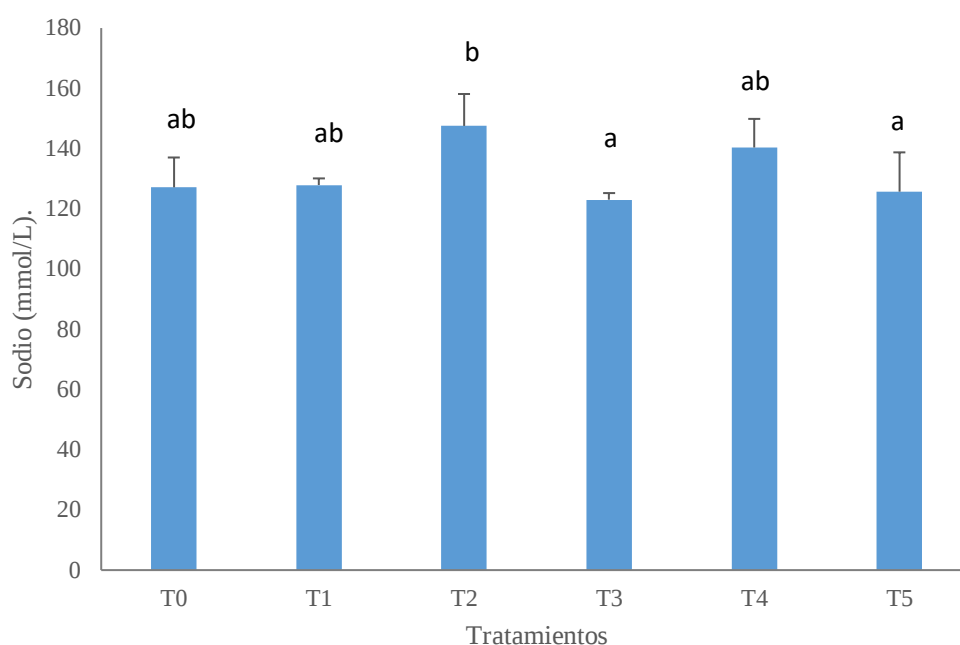
Variables	Tratamientos						CV%	F	P 0,05
	T0	T1	T2	T3	T4	T5			
Hematocrito (%)	29.00 $\pm$ 1.00 ^a	30.33 $\pm$ 0.58 ^a	30.33 $\pm$ 1.15 ^a	29.67 $\pm$ 1.53 ^a	29.67 $\pm$ 1.53 ^a	29.00 $\pm$ 1.73 ^a	4.42	0.62	0.6880
Eritrocitos (M/ μ L)	0.67 $\pm$ 0.58 ^a	1.00 $\pm$ 1.00 ^a	0.67 $\pm$ 0.58 ^a	0.67 $\pm$ 0.58 ^a	0.67 $\pm$ 0.58 ^a	0.67 $\pm$ 0.58 ^a	9.23	0.13	0.9840
V.C.M (fL)	93.49 $\pm$ 2.65 ^b	89.33 $\pm$ 1.15 ^{ab}	91.00 $\pm$ 2.65 ^{ab}	86.67 $\pm$ 5.77 ^a	89.67 $\pm$ 0.58 ^{ab}	89.67 $\pm$ 0.58 ^{ab}	3.19	1.82	0.1831
H.C.M (pg)	30.46 $\pm$ 2.08 ^b	21.43 $\pm$ 1.25 ^a	23.67 $\pm$ 2.31 ^a	28.00 $\pm$ 3.00 ^b	32.00 $\pm$ 2.65 ^b	30.97 $\pm$ 0.06 ^b	7.68	12.21	0.0002
C.H.C.M (g/dL)	33.23 $\pm$ 1.15 ^b	30.37 $\pm$ 2.58 ^{ab}	27.33 $\pm$ 3.06 ^a	34.00 $\pm$ 2.65 ^b	30.33 $\pm$ 2.08 ^{ab}	30.67 $\pm$ 1.15 ^{ab}	7.21	3.40	0.0381

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según el Test de Duncan ($p > 0,05$)

4.3. Contenido de ionogramas.

4.3.1. Sodio (mmol/L).

Para el volumen de ionogramas de sodio se registró diferencia significativa ($p \leq 0.05$), siendo el T2 (2% inclusión de β -glucano) con mayor promedio de 147.50 ± 17.56 mmol/L seguido del T4 (4% inclusión de β -glucano) con 140.33 ± 9.50 mmol/L. El tratamiento que presento valores más bajos fue el T3 (3% inclusión de β -glucano) con una media de 123.00 ± 5.77 mmol/L.



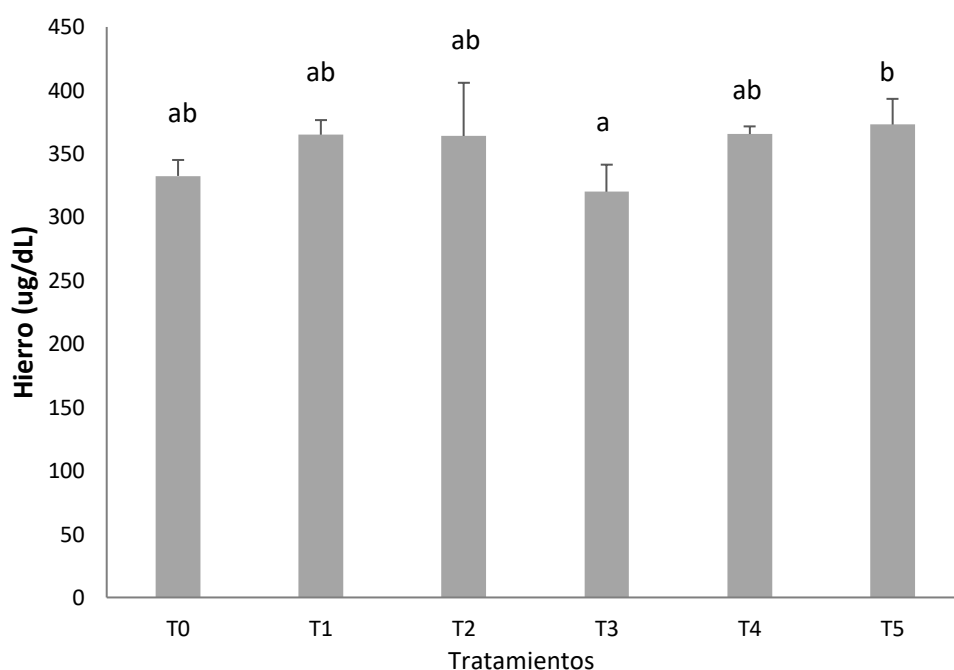
Medias con una letra común no son significativamente según el test de Duncan ($p \geq 0.05$)

Figura 3. Respuestas de ionogramas de sodio en tilapia roja con inclusión de β -glucano.

Zambrano-Rodríguez (2020) al evaluar el contenido de ionogramas de sodio en diferentes niveles de quitosano en dieta para juveniles de tilapia roja señaló significancia estadística ($p < 0.0149$) entre tratamientos; obteniendo un promedio de 162.00 ± 58.92 mmol/L con la inclusión del 2% de quitosano en dieta, dichos valores son mayores a los reflejados en esta investigación. Como indica Rozas, Walker, Müller et al. (2015) al establecer sus resultados evaluando características hematológicas e inmunológicas en infecciones prevalentes y coinfecciones, señaló como intervalos de referencia 134.2 – 182.3 en semental de trucha arco iris.

4.3.2. Hierro (ug/dL).

En el cálculo de esta variable el mayor promedio lo expuso el T5 (5% inclusión de β -glucano) con un promedio de 373 ± 20.30 ug/dL seguido del T4 (4% inclusión de β -glucano) y T1 (1% inclusión de β -glucano) con valores de 365.50 ± 6.08 ug/dL y 365 ± 11.55 ug/dL respectivamente, mientras que el tratamiento con menor promedio lo obtuvo el T3 (3% inclusión de β -glucano) con 320 ± 21.38 ug/dL. El análisis de varianza para esta variable si registró diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Medias con una letra común no son significativamente según el test de Duncan ($p > 0.05$)

Figura 4. Respuestas de ionogramas de hierro en tilapia roja con inclusión de β -glucano.

Álvarez-Vargas (2018) al determinar la concentración de cobre y hierro en músculo de carpa común (*Cyprinus carpio*) recolectando 180 muestras de tejido muscular y procesadas a través de digestión ácida con: ácido nítrico y perclórico; detectó una media de 97.84 ± 11.51 en la concentración de hierro. De acuerdo con Zambrano-Rodríguez (2020) si demostró significancia estadística ($p < 0.0093$) obteniendo una media de 308.33 ± 25.11 ug/dL al alimentar juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) con diferentes inclusiones de quitosano.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al analizar el efecto del β -glucano en dieta sobre las respuestas de hematocritos y eritrocitos no se encontró significancia estadística, mientras que en Hemoglobina Corpuscular Media fue el T4 con un promedio de 32.00 ± 2.65 pg que registro los valores más altos y en la variable Concentración Hemoglobina Corpuscular Media fue el T3 con 34.00 ± 2.65 g/dL el que presentó la mayor media entre tratamientos significativamente.

La respuesta de ionogramas de sodio y de hierro en juveniles de tilapia roja con inclusión de β -glucano en dieta si mostraron diferencia significativa; señalando los mayores promedios el T2 (2% inclusión de β -glucano) y T5 (5% inclusión de β -glucano) con 147.50 ± 17.56 mmol/L y 373 ± 20.30 ug/dL respectivamente.

El efecto del β -glucano usados en dieta de juveniles de tilapia roja sobre la actividad enzimática transaminasa glutámico oxalacética sérica no manifestó diferencia significativa, pero el T1 (1% inclusión de β -glucano) y el T4 (4% inclusión de β -glucano) obtuvieron las medias más altas 151 ± 3.61 y 151 ± 16.52 como corresponde.

5.2. Recomendaciones

Cuando se extrae sangre para la toma de muestras, cada alevín de tilapia roja debe ser anestesiado para que al momento que se desarrolla la punción los peces estén inmovilizados y así esto facilite la extracción de sangre.

Tener en cuenta los parámetros de calidad del agua ya que esta es de importancia para el desarrollo y bienestar de los juveniles de tilapia.

Para evitar que la muestra de sangre se dañe, deben estar a una temperatura de 2-8 °C hasta que se transfieran para su posterior análisis.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

- Alaye Rahy, N., y Morales Palacios, J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles del pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán, México. *Hidrobiológica*, 23(3) (340-347).
- Álvarez Vargas, L. (2018). Determinación de la concentración de cobre y hierro en carpas (*cyprinus carpio*) en cultivos del Estado de México. Tesis, Universidad Autónoma del estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Toluca, México.
- Auró de Ocampo, A., y Ocampo Camberos, L. (30 de 1999). Diagnóstico del Estrés en Peces. *Veterinaria México*, 30(4).
- Baltazar Guerrero, P., y Palomino Ramos, A. (2004). Manual del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), Agencia española de cooperación internacional – AECI, Lima, Perú.
- Barraza Guardado, R. H., Pérez Villalba, A. M., González Félix, M. L., y Ortega Urbina, J. A. (3 de Agosto de 2020).
- Benítez Jaimes, M., Rebollar Rebollar, S., González Razo, F. d., Hernández Martínez, J., y Gómez Tenorio, G. (2015).
- Biblioteca nacional de medicina Estados Unidos. (3 de Marzo de 2021). Obtenido de MedlinePlus: <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/ionograma/>
- Bolaños Pasmuel, M. E. (2015). “Evaluación del uso de alimentos alternativos en el pre engorde y engorde de tilapia roja (*Oreochromis* sp) en la comunidad de Playa Rica - noroccidente de Pichincha”. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de ingeniería química y agroindustrial, Quito.
- Briones Pérez, E., Hernández Acosta, E., y Leal Mendoza, A. I. (Octubre de 2017). La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(5), 40-48.

- Buenaño C, M. V. (Junio de 2010). Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia de Napo, Ecuador. Serie Zoológica, 9(6) (1-14).
- Bustamante, V., Arab, J. P., Terc, F., Poggi, H., Goycoolea, M., Arrese, M., y Benítez, C. (Agosto de 2016). Aumento aislado y sostenido de aspartato aminotransferasa por presencia de macroenzimas. Caso clínico. Revista médica de Chile, 44(8), 1078-1082.
- Canello Schalch, S. H., Gianini Abimorad, E., Makoto Onaka, E., Stopato Fonseca, F., García, F., y Castellani, D. (2015). Hematological parameters of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with supplemented diet based on the mushroom *Agaricus blazei*. Zoología, 29(1), 29-34.
- Catagua Párraga, M. A. (2020). Análisis de aspartato aminotransferasa, hemograma e ionograma en bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*) y vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) en ecosistemas lóticos de la provincia de Los Ríos”. Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Quevedo.
- Correa Negrete, J., Garrido Correa, A., Prieto Guevara, M., Atencio García, V., y Pardo Carrasco, S. (2009). Caracterización de células sanguíneas y parámetros hematológicos en blanquillo *Sorubim cuspicaudus*. Zootecnia Tropical, 27(4) (393-405).
- Corredor Castillo, A., y Landines Parra, M. (Febrero de 2018). Parámetros productivos y hematológicos de *Piaractus brachypomus* suplementados con ácido ascórbico y sometidos a estrés por hipoxia. Orinoquia, 22(1) (48-56).
- Dawood, M. A., Mohamed, E., Moustafa, E., Shahin, G., y Mohamed, G. (2019). Synbiotic Effects of *Aspergillus oryzae* and β -Glucan on Growth and Oxidative and Immune Responses of Nile Tilapia. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 12.

- Di Domenico, J., Canova, R., Figueiredo-Soveral, L., O. Nied, C., Machado-Costa, M., Frandoloso, R., y Kreutz, L. (2017). Immunomodulatory effects of dietary β -glucan in silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 37(1) (73-78).
- Díaz, J. C., y Gallego Alarcón, F. (2016). Efecto de β -glucanos 1,3/1,6 sobre la viabilidad de larvas de *Oreochromis* sp. durante la etapa de reversión sexual. *Revista Zootécnica*, 3(1), 18-24.
- Duque Osorio, J. (2017). Caracterización hematológica, morfométrica y química del tejido sanguíneo, de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) mantenidas en un sistema biofloc y un sistema de recirculación de agua. Trabajo de grado, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Caldas, Antioquia.
- Espinoza Gallardo, D., Contreras Porcia, L., y Ehrenfeld, N. (2017). B-glucanos, su producción y propiedades en microalgas con énfasis en el género *Nannochloropsis* (*Ochrophyta*, *Eustigmatales*). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(1), 33-49.
- Fraga, I., Flores, E., Reyes, R., y Llanes, Y. (2012). Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía. *Revista de Investigaciones Marinas*, 32(1), 16-23.
- Galeano, N., Prat, M., Guagliardo, S., Schwerdt, C., y Tanzola, R. (2010). Características hematológicas de *Porichthys porosissimus* (Pisces: Batrachoidiformes) en el estuario de Bahía blanca, Argentina). *Analecta Veterinaria*, 30(1), 5-11.
- García Pérez, J., Marroquín Mora, D., y Pérez Gonzales, M. (2019). Inclusión de extracto de *Lippia graveolens* (Kunth) en la alimentación de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) para la prevención de estreptococosis. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura* (54), 15-24.
- García, A., Tume, J., y Juárez, V. (2012). Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. *Ciencia y Desarrollo*, 15(2).

- Gimenes, G., Días, E., Días, B., Gerbas, A., Almada, A., Borges, J., y Júnior, P. (2020). Eficácia da suplementação oral com 1,3-1,6 betaglucano proveniente de *Saccharomyces cerevisiae* no controle da mastite bovina. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 72(4), 1441-1448.
- Gobierno de México. (2016). Conoce sobre el origen y producción de la tilapia (mojarra). (S. d. Rural, Editor) Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoce-sobre-el-origen-y-produccion-de-la-tilapia-mojarra#:~:text=La%20tilapia%20es%20un%20tipo,se%20cr%C3%ADan%20en%20granjas%20acu%C3%ADcolas>.
- Gonzales, A., Curto, G., y Fernández Méndez, C. (Marzo de 2019). Parámetros hematológicos de reproductores de *Brycon amazonicus* (*Bryconidae*) en cultivo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1) (133-142).
- Gonzales, J., Ortiz, R., Solórzano, E., Campos, M., Marcano, C., y López, H. (Enero de 2005). Distribución y caracterización de especies del grupo de Tilapias (*Oreochromis* spp.) y *Petenia* (*Caquetaia kraussii*) en ecosistemas naturales en la zona occidental de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 23(4), 447-464.
- Guzmán Freire, J. L. (2015). Estudio de factibilidad para la instalación de una piscifactoría de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) Para el mercado de pasaje–El Oro. Tesis, Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Hahn-von Hessberg, C., Grajales Quintero, A., y Gutiérrez Jaramillo, A. (Abril de 2011). Parámetros hematológicos de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1757) con peso entre 250 g y 350 g, en el Centro Experimental Piscícola de la Universidad de Caldas. *Veterinaria zootecnia*, 5(1) (47-61).
- Hahn-von Hessberg, C. M., Quiroz Bucheli, A., y Grajales Quintero, A. (Junio de 2014). Caracteres hematológicos en individuos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*, Trewavas 1983) con pesos entre 50-150 g y 150-250 g, Estación Piscícola,

Universidad de Caldas, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 18(1) (142-157).

Hsien-Tsang, S., y Quintanilla, M. (2008). Manual sobre reproducción del cultivo de tilapia. Centro de desarrollo de la pesca y de la acuicultura (Cendepesca), El Salvador.

INAMHI. (2018). Obtenido de Servicio meteorológico: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.

Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez Romero, O., Pérez, J. E., y Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543-550.

Jerônimo, G., Laffitte, L., Speck, G., y Martins, M. (August de 2011). Seasonal influence on the hematological parameters in cultured Nile tilapia from southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71(3), 719-25.

Limma Netto, J., Oliveira, R., y Copatti, E. C. (February de 2017). Efficiency of essential oils of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogum flexuosus* in the sedation and anaesthesia of Nile tilapia juveniles. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(4).

Llauradó Maury, G., Morris Quevedo, H. J., Albear, Marcos, J., Castán Chibás, L., y Bermúdez Savón, R. C. (2011). Plantas y hongos comestibles en la modulación del sistema inmune. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 30(4), 511-527.

López Santiago, N. (2016). La biometría hemática. *Acta pediátrica de México*, 37(4), 246-249.

Luna González, A., Moreno Herrera, J., Campa Córdova, A., Gonzales Ocampo, H., Fierro Coronado, J., Álvarez Ruiz, P., y Bueno Ibarra, M. (Noviembre de 2013). Respuesta inmune y expresión de genes en el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) inducida por inmunoestimulantes microbianos. *Valparaíso*, 41(5), 898-907.

- MedlinePlus. (2020). Biblioteca Nacional de Medicina de los EE. UU. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/prueba-de-sodio-en-la-sangre/>
- Méndez Martínez, Y., Pérez Tamames, Y., y Reyes Pérez, J. J. (Marzo de 2018). Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XX (2), 15-24.
- Méndez Martínez, Y., Pérez, Y., Verdecia, D., Cortés Jacinto, E., Cevallos-Falquez, O., y Romero, O. (1 de September de 2019). Effect of the inclusion of *Azolla filiculoides* meal on the growth and survival of red tilapia small fish (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(3), 289-298.
- Méndez-Martínez, Y., Torres-Navarrete, Y. G., Pérez Tamames, Y., Romás Viltres, M., y Cortés-Jacinto, E. (Enero-Marzo de 2021). Effect of duckweed meal dietary inclusion on growth performance and survival of African catfish fingerlings. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 38, 84-104.
- Ochoa, D., y Gonzáles, J. (2008). Estrés Oxidativo en Peces Inducidos por Contaminantes Ambientales. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* (55), 115-126.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO). (2003). Obtenido de Acuicultura: Principales conceptos y definiciones: <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>
- Ornelas Luna, R., Aguilar Palomino, B., Hernández Díaz, A., Hinojosa Larios, J. Á., y Godínez Siordia, D. E. (Septiembre, Octubre de 2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25.
- Parrado Sanabria, Y. A. (2012). Historia de la Acuicultura en Colombia. *Aqua TIC* (37), 60-77.
- Paulina López, M. C., Navarrete, N., Díaz, A., y Navarrete. (2013). Uso de β -Glucanos como inmunoestimulantes en la acuicultura. *Acuaindustria*.

- Pérez Muñoz, M. M., y Sáenz Ramos, M. I. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencia y Tecnología, León.
- Pérez, V., Pupo, M., Moneriz Pretell, C., y Bedoya Pérez, M. (2017). Concentración de la enzima AST (aspartato aminotransferasa) en dientes sometidos a fuerzas ortodónticas intrusivas. *Avances en Odontoestomatología*, 33(1), 19-33.
- Petravic Tominac, V., Krpan, V., Srećec, S., PanjkotaKrbavcic, I., y Vidovic, L. (2010). Biological Effects of Yeast β -Glucans. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75, 149-158.
- Pizarro C, S., Ronco M, A. M., y Gotteland R, M. (Septiembre de 2014). B-glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? *Revista chilena de nutrición*, 41(3), 439-446.
- Poot López, G., Gasca Leyva, E., y Olvera Novoa, M. (2012). Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latín American Journal of Aquatic Research*, 40(4), 835-846.
- Ramírez Fernández, P. E., Veloz Atencio, E. E., y Miranda Quiroga, R. (2018). Estudio estratégico para el desarrollo sostenible de la acuicultura de agua dulce en Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 30(1), 58-65.
- Rocha Baquero, C., Pascuas Caviedes, A., y Pianeta Pérez, A. (2017). Respuestas hematológicas, hepáticas y esplénicas al estrés de tilapias en jaulas y libres en el embalse de Betania, Colombia. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura*, 49(8-20).
- Rodríguez Alemán, S. (2002). Engorda de tilapia. Monografía, Universidad Autónoma Agraria, Departamento de producción animal, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Rozas, M., Walker, R., Müller, A., y Bittencourt, P. (2015). Determinación de parámetros hematológicos, inmunológicos y mecanismos involucrados en las respuestas del hospedero a infecciones prevalentes y co-infecciones Chile. Universidad Austral de Chile.
- Ruiz Azareño, G. E. (2017). Fecundidad y tasa de supervivencia en larvas y alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia” (Linnaeus, 1758) en condiciones de laboratorio. Tesis, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ciencias, Piura, Perú.
- Ruiz-González, Luis Eduardo, Rio-Zaragoza, Oscar Basilio Del, Tintos-Gómez, Adrián, Hernández-Rodríguez, Mónica, Guzmán-Dávalos, Laura, Badillo Zapata, Daniel, y Vega-Villasante, Fernando. (2018). El uso de hongos macroscópicos como inmunoestimulantes en peces teleósteos: estado del arte al 2018. *Hidrobiológica*, 28(2), 209-217.
- Saavedra Martínez, M. A. (Agosto de 2006). Manejo del cultivo de tilapia. Comités Técnicos Interinstitucionales de Educación Ambiental (CIDEA), 24.
- Sáez, G., Chero, J., Cruces, C., Minaya, D., Rodríguez, C., Suyo, B., y Iannaccone, J. (Octubre-Diciembre de 2018). Parámetros hematológicos y de bioquímica sanguínea en diez especies de peces marinos capturados por pesquería artesanal en la Bahía del Callao, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1161-1177.
- Saham, A., y Duman, S. (2010). Influence of β -1, 3/1, 6 glucan applications on some non-specific cellular immune response and haematologic parameters of healthy Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L, 1758. *Turkish Journal of Veterinary and - Academic Journals - Tübitak*, 34(1), 75-81.
- Salazar Lugo, R., Blanco, Y., Centeno, L., y Lemus, M. (Junio de 2011). Variaciones en los parámetros hematológicos y en la respuesta inmune inespecífica de la cachama negra *Colossoma macropomum* expuesta a cadmio. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 23(1) (28-35).

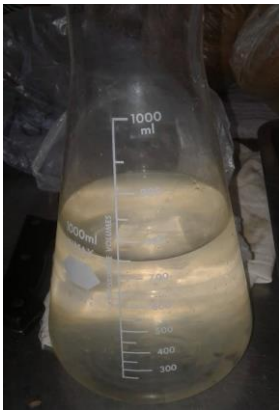
- Salgado Schuler, P. A. (2017). Cuenta de leucocitos en frotis sanguíneo como alternativa de campo al método del hemocitometro en especímenes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) clínicamente sanos. Tesis, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Santiago.
- Saputra, A., Andayani, S., Nusyam, H., Rukmono, D. M., Mulyono, M., Budiani, S., y Marlina, E. (December de 2019). The effect of organic and inorganic phenolic compounds. RJOAS, 12(96).
- Selim, K., y Reda, R. M. (2014). Beta-Glucans and Mannan Oligosaccharides Enhance Growth and Immunity in Nile Tilapia. North American Journal of Aquaculture, 77(1), 22-30.
- Sobrinho Ventura, A., Nogueira de Oliveira, S., Duarte Junior, J. A., y Trindade Silva, T., y Andrea María de Araújo Gabriel, A. M. (2020). Fator de condição relativo e hematología de reproductores de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Research, Society and Development, 9(5), 16.
- Tomaz Rebouças, V., dos Santos Lima, F. R., de Holanda Cavalcante, D., y do Carmo e Sá, M. V. (2016). Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis*. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 38(4), 361-368.
- Valenzuela, A., Alveal, K., y Tarifeño, E. (2002). Respuesta hematológica de truchas (*Oncorhynchus mykiss*). Gayana (Concepción), 66(2) (255-261).
- Vásquez Piñeros, M., Rondón Barragan, L., y Eslava Mocha, P. (2012). Inmunoestimulantes en teleosteos: Probióticos, β -glucanos y LPS. Orinoquía, 16(1), 46-62.
- Vela Gutierrez, Y., Contreras Rojas, M., y Suarez Suarez, L. (2016). Effect of probiotic microorganisms isolated from *Hypostomus plecostomus* in *Oreochromis* sp juveniles. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba, 22(1), 5694-5705.

- Véliz R, T., Noa P, M., y Noa L, E. (Enero-Marzo de 2008). Glucano de *Saccharomyces cerevisiae*: validación de un método de análisis para el control de calidad. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 39(1), 25-31.
- Vera Barahona, J., y Vera Chang, J. F. (2018). Resumen de principios. En *Resumen de principios* (pág. 175). Ediciones Grupo Compás.
- Wang, X., Wang, Y., Li, Y., Huang, M., Gao, Y., Xue, X., y Gonçalves, R. A. (2016). Response of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) to different dietary concentrations of aflatoxin B1 and evaluation of an aflatoxin binder in offsetting its negative effects. *Ciencias Marinas*, 42(1) (15-29).
- Zambrano Rodríguez, S. (2020). Transaminasa glutámico oxalacética, hematocritos e ionogramas en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) con inclusión de quitosano en dieta. Proyecto de investigación, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Mocache – Los Ríos – Ecuador.
- Zúñiga Jara, S., y Goycolea Homann, M. (April de 2014). A bioeconomic model for red tilapia culture on the coast. *Aquaculture International*, 22(2), 339-359.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Ingredientes usados en la elaboración de dietas en alevines de tilapia roja.

Gelatina sin sabor	Agua	Beta Glucano
		

Anexo 2. Elaboración de las dietas experimentales.

Elaboración del Pelets	Balanceado Pulverizado	Molida del Alimento
		
	Cortes del Espagueti	



Pelet Secado en Estufa	Pelet en estado de Humedad
	

Anexo 3. Materiales usados en la investigación.

Bombas de Oxígeno	Gavetas Experimentales	Kit Colorimétrico
		
Eugenol	Balanza Gramera	Papel Filtro
		
	Estufa	
		

Anexo 4. Parámetros químicos del agua.

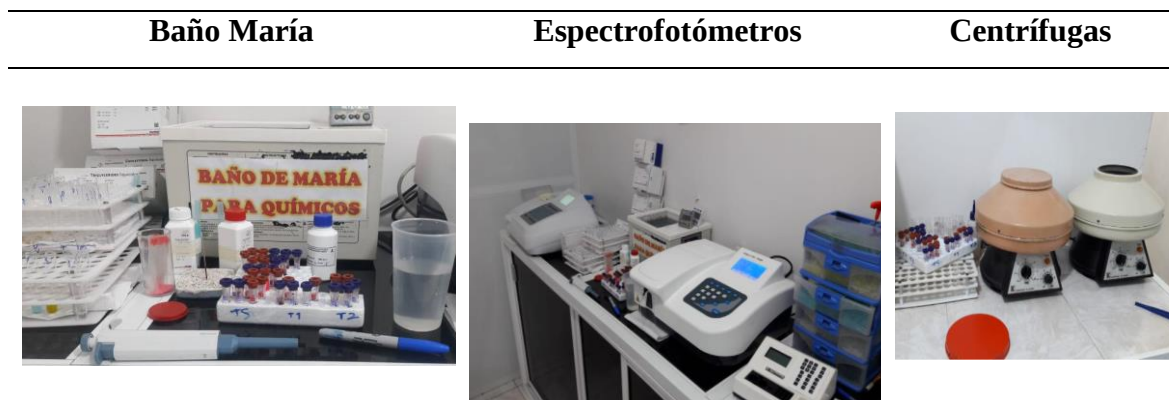
Toma de datos de los parámetros del agua



Anexo 5. Toma de muestras de sangre para análisis hematológicos.

Selección del alevín para Extracción	Extracción de Insulina con Jeringa	Muestras en Refrigeración
---	---------------------------------------	------------------------------





Anexo 6. Análisis de la varianza de la variable Hematocrito.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,33	5	1,07	0,62	0,6880
TRATAMIENTOS	5,33	5	1,07	0,62	0,6880
Error	20,67	12	1,72		
Total	26,00	17			

Anexo 7. Análisis de la varianza de la variable Eritrocitos.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	5	0,06	0,13	0,9840
TRATAMIENTOS	0,28	5	0,06	0,13	0,9840
Error	5,33	12	0,44		
Total	5,61	17			

Anexo 8. Análisis de la varianza de la variable V.C.M.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	74,86	5	14,97	1,82	0,1831
TRATAMIENTOS	74,86	5	14,97	1,82	0,1831
Error	98,67	12	8,22		
Total	173,52	17			

Anexo 9. Análisis de la varianza de la variable H.C.M.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	277,12	5	55,42	12,21	0,0002
TRATAMIENTOS	277,12	5	55,42	12,21	0,0002
Error	54,47	12	4,54		
Total	331,58	17			

Anexo 10. Análisis de la varianza de la variable C.H.C.M.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	85,05	5	17,01	3,40	0,0381
TRATAMIENTOS	85,05	5	17,01	3,40	0,0381
Error	59,98	12	5,00		
Total	145,03	17			

Anexo 11. Análisis de la varianza de la variable TGO-AST

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	646,00	5	129,20	0,79	0,5790
TRATAMIENTOS	646,00	5	129,20	0,79	0,5790
Error	1972,00	12	164,33		
Total	2618,00	17			

Anexo 12. Análisis de la varianza de la variable Sodio.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1069,66	5	213,93	2,43	0,1167
TRATAMIENTOS	1069,66	5	213,93	2,43	0,1167
Error	791,68	9	87,96		
Total	1861,34	14			

Anexo 13. Análisis de la varianza de la variable Hierro.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4659,67	5	931,93	2,31	0,1689
TRATAMIENTOS	4659,67	5	931,93	2,31	0,1689
Error	2423,00	6	403,83		
Total	7082,67	11			