

**EVALUACIÓN DEL USO DE VAINA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) EN LA
ALIMENTACIÓN DE CARPA KOI (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) A NIVEL
DE LABORATORIO.**

**LEYDI CAROLINA CRIOLLO TELLO
DIANA YAQUELINE DÍAZ ERAZO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2021**

**EVALUACIÓN DEL USO DE VAINA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) EN LA
ALIMENTACIÓN DE CARPA KOI (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) A NIVEL
DE LABORATORIO.**

**LEYDI CAROLINA CRIOLLO TELLO
DIANA YAQUELINE DÍAZ ERAZO**

**Informe final de Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola**

**Director
WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ
Ing. en Producción Acuícola., M.Sc, Ingeniería de Producción**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2021**

“Las ideas y conclusiones aportadas en esta tesis de grado son responsabilidad exclusiva de su autor”.

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966, emanado del Honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ
Ing. Producción Acuícola
M.Sc. Ingeniería de Producción
Director

YANETH DEL PILAR DERAZO
Ing. Producción Acuícola
M.Sc. Gestión Ambiental
Jurado delegado

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAEZ
Ing. Producción Acuícola
M.Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Esp. Ecología con énfasis en Gestión Ambiental
Jurado

San Juan de Pasto, mayo 2021

AGRADECIMIENTOS

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en producción Acuícola docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño
MARCO ANTONIO FIGUEROA	Zootecnista, Esp., M. Sc, director del departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño.
PEDRO FRANCISCO SANGUINO ORTIZ	Dr. Ingeniería Agrícola, Universidad Federal Rural de Pernambuco
CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO	Ingeniero en Producción Acuícola, Técnico Laboratorio Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño.
GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAEZ	Ingeniera en Producción Acuícola, M.Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Esp. Ecología con énfasis en Gestión Ambiental. Técnica química Laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño.
YANETH DEL PILAR DERAZO	Ingeniera en Producción Acuícola, M. Sc, docente Facultad de ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista, Esp., Secretario académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño
PIEDAD MEJIA SANTACRUZ	Secretaria del departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño.
SANDRA MILENA CERON BENAVIDES	Ingeniera en Producción Acuícola, Esp, docente Facultad de ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño

Al programa de Ingeniería en Producción Acuícola y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de esta investigación

DEDICATORIA

A mi padre celestial, el que me acompaña en el cumplir de mis metas y es el forjador de mi camino. A mis padres, Nelson y Claudia, los cimientos para la construcción de mi vida profesional, a ustedes les debo todos mis logros, gracias por tanto amor y dedicación. A mi hermano Nicolás, con tu amor e incondicionalidad siempre he encontrado un hombro amigo en el cual descansar.

A mis profesores, que me han brindado todos sus conocimientos a lo largo de este camino y finalmente al profesor Wilmer y mi compañera Diana, sin ellos no sería posible la culminación de este trabajo, infinitas gracias.

Carolina Criollo

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por guiarme a lo largo de todo este proceso, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad. A mis abuelitos Melva y Eliecer, mi tío Claudio quien siempre me apoyó y creyó en todo lo que podía lograr. Demás familiares, por su amor y comprensión durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado cumplir uno de mis objetivos.

A profesores, administrativos y demás personal del programa de Ingeniería en Producción Acuícola, quienes, con su conocimiento y entrega, contribuyeron en mi desarrollo profesional.

A mi amiga Carolina Perenguez y a mi guía Camila Ramos, quienes siempre confiaron en mis capacidades y estuvieron conmigo.

Finalmente, a mi director de tesis el profesor Wilmer, mis jurados Yaneth y Sandra, mi compañera Carolina. Cada uno de sus aportes tanto en lo personal como académico, contribuyeron a la culminación de este trabajo.

Muchas gracias de todo corazón.

Diana Díaz

RESUMEN

En acuicultura, la alimentación representan entre el 50% y 70% de los costos de producción. La vaina de frijol es un residuo económico y abundante de fácil consecución en la región; siendo Nariño el mayor productor a nivel nacional con 12172 Tn con respecto a otros departamentos como Santander (11130 Tn) y Huila (11100 Tn). Este residuo podría ser utilizado como una de las materias primas en la alimentación de peces. En el presente estudio se evaluó a nivel de laboratorio el efecto de la harina de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la alimentación de carpa koi (*Cyprinus carpio*) en la etapa de levante, a diferentes niveles de sustitución (10%, 20% y 30%), por un periodo de 45 días, utilizando 60 animales con un peso promedio de $7,54 \text{ g} \pm 0,97$ distribuidos en 12 unidades experimentales cada una con 5 peces. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con submuestreo conformado por 4 tratamientos y 3 réplicas correspondientes al 0%, 10%, 20% y 30% de sustitución con harina de vaina de frijol.

Según los análisis estadísticos $p (>0,05)$ se presentaron diferencias en el efecto de las dietas sobre las variables incremento de peso, incremento de longitud, conversión alimenticia aparente, tasa de crecimiento simple, supervivencia y relación beneficio costo. El mejor tratamiento fue el T0 correspondiente al uso de balanceado comercial en un 100% de la ración, seguido por el tratamiento T1 con un 10% de sustitución de HVF y para el caso de los tratamientos T2: 20% y T3: 30% reportan los valores más bajos en las variables evaluadas.

Estos resultados indican que al sustituir harina de vaina de frijol (0%, 10%, 20% y 30%), en el balanceado comercial de carpa koi en etapa de levante los animales crecen a velocidades diferentes, convirtiéndose en una buena alternativa en la dieta de esta especie.

ABSTRACT

In aquaculture, feed represents between 50% and 70% of production costs. The bean pod is an economic and abundant waste, being Nariño the largest producer nationwide with 12172 tons compared to other departments such as Santander (11130 tons) and Huila (11100 tons). This residue could be used as one of the raw materials in fish feed. In the present study, the effect of bean pod flour (*Phaseolus vulgaris*) on feeding koi carp (*Cyprinus carpio*) in the lifting stage was evaluated at different levels of substitution (10%, 20%, and 30%), for a period of 45 days, using 60 animals with an average weight of $7,54 \text{ g} \pm 0.97$ distributed in 12 experimental units each with 5 fish. A completely randomized experimental design was used with subsampling consisting of 4 treatments and 3 replicates corresponding to 0%, 10%, 20% and 30% substitution with bean pod flour.

According to the statistical analyzes $p (> 0.05)$ there were differences in the effect of the diets on the variables weight increase, length increase, apparent feed conversion, simple growth rate, survival and cost benefit ratio. The best treatment was T0 corresponding to the use of commercial balance in 100% of the ration, followed by treatment T1 with a 10% replacement of HVF and for the case of treatments T2: 20% and T3: 30% reported the lowest values in the variables evaluated.

These results indicate that when replacing bean pod flour (0%, 10%, 20% and 30%), in the commercial balanced koi carp in the lifting stage the animals grow at different speeds, becoming a good alternative in the diet of this species.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	21
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
3. MARCO REFERENCIAL	23
3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE.....	23
3.2 Taxonomía de carpa koi (<i>Cyprinus carpio</i>)	23
3.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA EL CULTIVO DE CARPA COMÚN.....	24
3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DIGESTIVO EN PECES.....	24
3.4.1 Boca.....	25
3.4.2 Dientes.....	25
3.4.3 Cavidad bucal.....	25
3.4.4 Faringe.....	25
3.4.5 Esófago.....	25
3.4.6 Estómago.....	26
3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS PECES AGASTROS	26
3.5.1 Intestino.....	26
3.5.2 VelloSIDADES intestinales.....	27
3.5.3 Ciegos pilóricos	27
3.6 GLÁNDULAS ANEXAS.....	28
3.6.1 Hígado.....	28
3.6.2 Páncreas.....	28
3.7 ENZIMAS DEL TRACTO DIGESTIVO.....	28
3.7.1 Enzimas gástricas	28
3.7.2 Enzimas intestinales.....	28
3.7.3 Enzimas pancreáticas.....	29
3.8 ASPECTOS DEL INTESTINO Y LA FLORA INTESTINAL DE LOS ORGANISMOS ACUÁTICOS.....	29
3.8.1 Flora bacteriana intestinal.....	30
3.9 ALIMENTACIÓN EN CARPA KOI	31
3.9.1 Proteínas.....	33
3.9.2 Energía.....	34
3.9.3 Relación energía proteína en peces.....	34
3.9.4 Fibra en la alimentación de peces.....	34
3.9.5 Producción.....	35
3.10 PROCESO PRODUCTIVO	36
3.10.1 Densidad de siembra	36
3.11 PRODUCCIÓN DE FRIJOL.....	37
3.12 QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS.....	39
3.13 GENERALIDADES DE LA VAINA DE FRIJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	40
3.14 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DE LA VAINA DE FRIJOI.....	42

3.15	FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LAS LEGUMINOZAS	42
3.15.1	Factores antinutricionales de la vaina de leguminosas	42
3.15.2	Composición de los factores antinutricionales	43
4.	DISEÑO METODOLÓGICO	44
4.1	LOCALIZACIÓN	44
4.2	PERIODO DE ESTUDIO	44
4.3	INSTALACIONES, EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS	45
4.4	Diseño del sistema de recirculación	45
4.4.2	Filtro biológico	46
4.4.3	Sistema de bombeo y calefacción	46
4.4.4	Tanque de nivel	47
4.4.5	Equipos, materiales e insumos	48
4.4.6	Material biológico.....	48
4.5	PLAN DE MANEJO.....	49
4.5.1	Preparación de la harina de vaina de frijol.....	49
4.5.2	Adecuación de las instalaciones	49
4.5.3	Aclimatación	49
4.5.4	Adaptación a las dietas experimentales.....	49
4.5.5	Censos	50
4.6	OBTENCIÓN DE LA HARINA DE VAINA DE FRIJOL	50
4.6.1	Consecución de materia prima.....	50
4.6.2	Desecación vaina.....	50
4.6.3	Molienda y tamizaje.....	51
4.6.4	Pesaje de la harina.....	52
4.7	PREPARACIÓN DE DIETAS.....	52
4.7.2	Configuración de dietas.....	52
4.8	ELABORACIÓN DE DIETAS EXPERIMENTALES.....	53
4.8.1	Mezcla	53
4.8.2	Preparación de aglutinante y adición a las dietas	53
4.8.3	Peletización.....	54
4.8.4	Almacenamiento del pellet.....	54
4.9	SIEMBRA DE ANIMALES.....	55
4.9.1	Recepción.	55
4.9.3	Aclimatación.....	55
4.9.4	Tallaje, pesaje y selección	56
4.9.5	Siembra de animales.....	57
4.9.6	Adaptación a las dietas experimentales.....	58
4.10	PRUEBAS HISTOLÓGICAS.....	58
4.11	SACRIFICIO DE MATERIAL BIOLÓGICO Y PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS.....	58
4.11.1	Sedación	58
4.11.2	Desensibilización de los animales	59
4.11.3	Preparación histológica de la muestra de intestino.....	59
4.12	EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DE VELLOSIDADES INTESTINALES	

4.13 DISEÑO EXPERIMENTAL	61
4.13.1 Formulación de Hipótesis	62
4.13.2 Análisis estadístico	62
4.14 VARIABLES A EVALUAR.....	62
4.14.1 Incremento de peso.....	62
4.14.2 Incremento de longitud.....	62
4.14.3 Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	63
4.14.4. Supervivencia.....	63
4.14.5 Conversión alimenticia aparente.....	63
4.14.6 Relación beneficio- costo aparente (RBC).....	63
5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
5.1 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES	64
5.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES.....	64
5.2.1 Peso inicial.....	64
5.2.2 Peso final:	64
5.2.3 Longitud total inicial	66
5.2.4 Longitud total final.....	66
5.2.5 Longitud estándar inicial	68
5.2.6 Longitud estándar final.....	68
5.2.7 Incremento de peso	70
5.2.8 Incremento de longitud total.....	72
5.2.9 Incremento de longitud estándar	73
5.2.10 Tasa de Crecimiento Simple	74
5.2.11 Coeficiente de crecimiento térmico (CCT)	75
5.2.12 Supervivencia	76
5.2.13 Conversión alimenticia aparente.....	76
5.3 MORFOLOGÍA DEL INTESTINO ANTERIOR DE CARPA KOI	78
5.3.1 Altura de vellosidades iniciales	78
5.3.2 Altura de vellosidades finales	78
5.3.3. Ancho de vellosidades iniciales	79
5.3.4 Ancho de vellosidades finales.....	79
5.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA.....	80
5.4.1 Temperatura	80
5.4.2 Oxígeno	80
5.4.3 Potencial de Hidrogeniones - pH	80
5.5. Relación beneficio costo (RBC)	80
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
6.1 CONCLUSIONES	83
6.2 RECOMENDACIONES.....	85
7. BIBLIOGRAFÍA.....	86

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento de proteína.....	32
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de peces omnívoros.....	33
Tabla 3. Especies acuícolas cultivadas en Colombia, 2016	35
Tabla 4. Producción de frijol en el semestre B - 2019 en diferentes departamentos de Colombia.....	38
Tabla 5. Clasificación taxonómica.....	40
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos iniciales	55
Tabla 7. Peso y longitud carpa koi	57
Tabla 8. Producción de peces ornamentales	58
Tabla 9. Resumen estadístico peso inicial (g).....	64
Tabla 10. Resumen estadístico peso final (g)	65
Tabla 11. Resumen estadístico longitud inicial (cm)	66
Tabla 12. Resumen estadístico longitud total final (cm).....	67
Tabla 13. Resumen estadístico longitud estándar inicial (cm)	68
Tabla 14. Resumen estadístico longitud estándar final (cm)	69
Tabla 15. Resumen estadístico incremento de peso (g)	70
Tabla 16. Resumen estadístico incremento de longitud total (cm).....	72
Tabla 17. Resumen estadístico incremento de longitud estándar (cm)	73
Tabla 18. Resumen estadístico tasa de crecimiento simple (%).....	74
Tabla 19. Resumen estadístico CCT	76
Tabla 20. Conversión alimenticia aparente	77
Tabla 21. Resumen estadístico altura de velloSIDADES iniciales (μ)	78
Tabla 22. Resumen estadístico altura de velloSIDADES finales (μ)	78
Tabla 23. Resumen estadístico ancho de velloSIDADES iniciales (μ)	79
Tabla 24. Resumen estadístico ancho de velloSIDADES finales (μ)	79
Tabla 25. Parámetros fisicoquímicos promedios entre tratamientos.....	80
Tabla 26. Análisis parcial de costos.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto o vaina de la planta de frijol	41
Figura 2. Laboratorio de digestibilidad. Universidad de Nariño.....	44
Figura 3 . Sistema de recirculación. Laboratorio de digestibilidad. Universidad de Nariño	45
Figura 4. Filtro mecánico	46
Figura 5. Filtro biológico.....	46
Figura 6.Sistema de bombeo y calefacción	47
Figura 7.Tanque de nivel	47
Figura 8. Material biológico	49
Figura 9.Vaina de frijol en base húmeda	50
Figura 10. Desecación vaina de frijol. Laboratorios especializados. Universidad de Nariño	51
Figura 11. Molienda y tamizaje.	51
Figura 12. Pesaje harina de vaina de frijol.....	52
Figura 13. Mezcla harina de vaina de frijol y balanceado comercial.....	53
Figura 14. Preparación de aglutinante	54
Figura 15. Distribución de la masa en bandeja	54
Figura 16. Colocación del pellet en bolsas ziploc	55
Figura 17. Sedación de los animales	56
Figura 18.Recolección de datos de peso, longitud total y longitud estándar	56
Figura 19. Recipiente de recuperación	57
Figura 20. Sedación de carpas	59
Figura 21. Desensibilización de los animales	59
Figura 22. Preparación de muestras de intestino.....	60
Figura 23. Preparación de muestras de intestino anterior para tinción	60
Figura 24. Comportamiento del peso en los días 1, 15, 30 y 45	65
Figura 25.Comportamiento longitud final en los días 1, 15, 30 y 45.....	67
Figura 26. Comportamiento longitud estándar final en los días 1, 15, 30 y 45	69
Figura 27. Incremento de peso por tratamiento quincenal.....	71
Figura 28. Incremento de longitud total por tratamiento.....	72
Figura 29. Incremento de longitud estándar por tratamiento	74
Figura 30. Tasa de crecimiento simple	75
Figura 31. Conversión alimenticia aparente.....	77
Figura 32. Relación Beneficio- Costo.....	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Protocolo para elaboración de alimento Gonzales & Wills	93
Anexo B. Análisis bromatológico harina de vaina de frijol.....	94
Anexo C. Datos de peso y longitud por tratamiento y réplica	95
Anexo D. Prueba ANOVA para peso, Longitud total y estándar programa R	97
Anexo E. Metodología de técnica de tinción Hematoxilina y Eosina (H&E)	98
Anexo F. Balanceo de dietas experimentales	99
Anexo G. Análisis de varianza peso inicial.	100
Anexo H. Análisis de varianza peso final.	101
Anexo I. Prueba de Tukey peso final	102
Anexo J. Análisis de varianza longitud total inicial.	103
Anexo K. Análisis de varianza longitud total final.	104
Anexo L. Prueba de Tukey longitud total final.	105
Anexo M. Análisis de varianza longitud estándar inicial.....	106
Anexo N. Análisis de varianza longitud estándar final.	107
Anexo O. Prueba de Tukey longitud estándar final.....	108
Anexo P. Análisis de varianza incremento de peso	109
Anexo Q. Análisis de varianza incremento de longitud total	110
Anexo R. Análisis de varianza Incremento de longitud estándar	111
Anexo S. Análisis de varianza Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	112
Anexo T. Análisis de varianza Coeficiente de Crecimiento Térmico	113
Anexo U. Coeficiente de crecimiento térmico por tratamientos	114
Anexo V. Pruebas de Bonferroni y Kruscall Wallis Conversión Alimenticia Aparente.	115
Anexo W. Análisis de varianza altura de vellosidades iniciales.	116
Anexo X. Análisis de varianza altura de vellosidades finales.	117
Anexo Y. Prueba de Tukey altura de vellosidades finales	118
Anexo Z. Análisis de varianza ancho de vellosidades iniciales.....	119
Anexo AA. Análisis de varianza ancho de vellosidades finales.	120
Anexo BB. Fotos vellosidades	121
Anexo CC. Medidas de vellosidades	133
Anexo DD. Análisis de varianza parámetros fisicoquímicos.	137
Anexo EE. Curva de temperatura	138
Anexo FF. Curva de Oxígeno.	139
Anexo GG. Comportamiento del pH durante el periodo de estudio.	140

GLOSARIO

CARPA KOI: es una variedad ornamental de la Carpa común, con las mismas características morfológicas salvo por sus atractivas coloraciones, fruto de la cría selectiva de las carpas. fueron desarrolladas en Asia por selección, partiendo de especímenes que presentaban el fenotipo silvestre (de tonalidad pardo-olivácea).

RESIDUOS AGRÍCOLAS: en el contexto de la producción vegetal en concepto estricto de residuo agrícola se aplica, bajo denominación de residuos de cosecha a la fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal.

VAINA: envoltura tierna y alargada en la que están encerradas en hilera las semillas de ciertas plantas y que está formada por dos piezas o valvas. Las vainas o legumbres corresponden a frutos compuestos por dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido; en la unión de las valvas aparecen dos suturas, una dorsal o placental y una ventral.

HARINA: polvo fino que se obtiene del proceso de molienda del cereal o cualquier tipo de alimento.

DIETA: forma de alimentación que cubre todas las necesidades energéticas, estructurales y reguladoras del organismo teniendo en cuenta la especie y la fase del animal, sin exceso o falta de algún nutriente.

BROMATOLOGÍA: estudio de los alimentos, de su composición, de sus propiedades, del proceso de fabricación, de almacenamiento y de sus ingredientes.

ORNAMENTAL: los peces ornamentales son los organismos acuáticos mantenidos en un acuario con propósitos de decoración o embellecimiento.

INCREMENTO DE PESO: es la ganancia real de peso en un individuo o población en un determinado periodo de tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

Según la FAO¹, la carpa koi (*Cyprinus carpio*) es una especie originaria de Asia y de algunos lugares de Europa, aunque se ha llevado a casi todos los continentes. Se caracteriza por poseer un alto valor comercial tanto en consumo humano y acuariofilia. Representan probablemente el mercado más caro dentro de los peces ornamentales de agua dulce y son consideradas buenas candidatas para cultivo debido a su alta proliferación, longevidad y amplia tolerancia a factores fisicoquímicos.

Dentro de la acuicultura la nutrición juega un papel importante en el desarrollo sostenible de esta especie. Actualmente el principal objetivo de la nutrición es la obtención de raciones equilibradas que no incluyan o disminuyan de forma apreciable el uso de harinas animales. Es importante considerar que en la actualidad en Colombia no existe disponibilidad permanente y suficiente de recursos animales de producción orgánica certificada de alto valor proteíco para ser incluidos en la formulación de dietas para acuicultura. Dentro de los objetivos de dicha producción está el uso de un sistema de manejo sin dejar de lado los aspectos sociales y económicos del sector

De acuerdo con Sánchez y Fernández² el frijol es un residuo con una alta fuente de fibra, carbohidratos, proteína/energía entre otros el cual puede ser utilizado en la alimentación de especies acuáticas. De esta forma FIRA³ manifiesta que la disponibilidad de esta materia prima esta de la mano con la producción mundial de frijol que creció a una tasa promedio anual de 1,6 por ciento entre 2003 y 2014, para ubicarse en 25,1 millones de toneladas. Esta tendencia se deriva de un crecimiento promedio anual de 0,5 % en la superficie cosechada y de 1,0 % en el rendimiento promedio, durante el período señalado.

Teniendo en cuenta las necesidades de encontrar materias primas económicas para la elaboración de dietas para la alimentación de organismos acuáticos, se formuló el siguiente experimento con el objetivo de evaluar la harina de vaina de frijol (HF) adicionada al alimento en diferentes niveles (10%, 20% y 30%) sobre el crecimiento carpa koi (*Cyprinus carpio*) en la etapa de levante, bajo condiciones de laboratorio.

¹ FAO. Programa de información de especies acuáticas *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). 2020.[citado 7- agosto -2019] Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

² SANCHEZ, Esteban y FERNÁNDEZ, Fernanda. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. En: Revista Nova Scientia. Universidad de la Salle Bajío. 2017. Vol. 9, no 18, p.144

³Fideicomisos Instituidos En Relación con la Agricultura. (FIRA). Panorama Agroalimentario. 2016.p. 4

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la harina de vaina de frijol en la alimentación de carpa koi (*Cyprinus carpio*) en la etapa de levante, a diferentes niveles de sustitución (10, 20 y 30%) y bajo condiciones de laboratorio.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir las variables incremento de peso, incremento de longitud, tasa de crecimiento simple para cada tratamiento.
- Calcular conversión alimenticia aparente y supervivencia para cada uno de los tratamientos.
- Establecer las alteraciones histológicas; alto y ancho de las vellosidades intestinales de carpa koi en los diferentes tratamientos
- Realizar un análisis parcial de costos de cada uno de los tratamientos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

3.2 TAXONOMÍA DE CARPA KOI (*Cyprinus carpio*)

De acuerdo con Maiztegui⁴, el grupo de cypriniformes son peces bastante diversos (3200 especies) que incluye a los Cyprinidae, que es la familia de peces dulceacuícolas con mayor número de especies de todo el mundo (2420 especies). En este grupo es posible destacar a la carpa (*Cyprinus carpio*), conocida también como “carpa común” o “carpa europea.

Clasificación taxonómica (*C. carpio*)

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Cypriniformes
Familia:	Cyprinidae
Género:	<i>Cyprinus</i>
Especie:	<i>C. carpio</i> ⁵

Según Uquiche⁶, la carpa silvestre vive en las corrientes medias y bajas de los ríos, en áreas inundadas y en aguas confinadas poco profundas, tales como lagos, meandros lacunares y embalses de agua. Las carpas son principalmente habitantes del fondo, pero buscan alimento en las capas media y superior del cuerpo de agua. Los típicos 'estanques de carpas' en Europa son pozas poco profundas, eutróficas con un fondo fangoso y vegetación acuática densa en los diques. El espectro ecológico de la carpa es amplio.

La carpa tolera salinidades hasta alrededor de 5%. El rango de pH óptimo es 6,5-9,0. La especie puede tolerar bajas concentraciones de oxígeno (0,3-0,5 mg/L) así como súper saturación. Las carpas son omnívoras, con una gran tendencia hacia el consumo de alimento animal, tal como insectos acuáticos, larvas de insectos, gusanos, moluscos y zooplancton. El consumo de zooplancton es dominante en estanques de peces donde la densidad de siembra es alta. Adicionalmente, la carpa

⁴ MAIZTEGUI, Tomás. Ecología poblacional de (*Cyprinus carpio*). Trabajo de grado en ciencias naturales Argentina. :Universidad de la plata 2015. p.14. Disponible en internet: <https://pdfs.semanticscholar.org/f831/779738fb26d09f457f1ae60236711c110519.pdf>

⁵ Ibíd., p.15

⁶ UQUICHE, Miguel. Alimentación y biología reproductiva de la carpa común (*Cyprinus carpio*, (Linnaeus, 1758)) en las lagunas de Huacarpa y Urcos, provincia de Quispicanchi – Región Cusco. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo: Cusco. Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco. Facultad de Ciencias. 2019. 22. p

consume los tallos, hojas y semillas de plantas acuáticas y terrestres, plantas acuáticas en descomposición, etc. Según la FAO⁷, El cultivo de la carpa en estanques se basa en la habilidad de la especie para aceptar y utilizar cereales proporcionados por los granjeros. El crecimiento diario de la carpa puede llegar a ser 2 a 4% del peso corporal. Las carpas pueden alcanzar 0,6 a 1,0 kg de peso corporal dentro de una estación en los estanques de cría de peces en policultivo de áreas subtropicales/tropicales

3.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA EL CULTIVO DE CARPA COMÚN

Según Carrascal⁸, la carpa común tiene una gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales, las cuales se enumeran a continuación:

Temperatura: tolerancia 8º a 39º C, óptimo 25º a 30º C

pH: tolerancia 5 a 9, óptimo 6 a 8

Dureza: >100 mg/L

Alcalinidad: 50 a 300 mg/L

Oxígeno: > 3 a 5 mg/L

Amonio: < 2,2 mg/L

Nitrito: < 0,1 mg/L

Nitrato: <400 mg/L

De acuerdo con Yamamoto⁹ , en estudios con carpa común se ha demostrado que la composición ideal de nutrientes en la dieta varía con los cambios estacionales y con las condiciones ambientales.

3.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DIGESTIVO EN PECES

Desde un enfoque metabólico, según López y Pérez¹⁰, la Bioquímica se encarga del análisis del enorme conjunto de reacciones bioquímicas que se llevan a cabo dentro de la célula, con la finalidad de producir energía y/o la síntesis de moléculas que el organismo necesita, lo que se denomina, catabolismo y anabolismo respectivamente. El sistema digestivo de los peces cuenta con una apertura y una

⁷ FAO. Programa de información de especies acuáticas *Cyprinus carpio*. 2. Disponible en internet: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

⁸ CARRASCAL, Armando. Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de grado: Biólogo aplicado. Facultad de ciencias. Bogotá, Colombia. 2011.p.8.

⁹ YAMAMOTO, Takeshi y SHIMA, Takao. Effect of water temperature and short - Term fasting on macronutrient self - Selection by common carp (*Cyprinus carpio*). En: Revista Science Direct. 2003. p. 220.

¹⁰ LOPEZ, Brenda y PEREZ, Flavia. Guía metabólica de Bioquímica. Universidad Autónoma de Nayarit. 2016

salida, así como de muchos órganos y estructuras que pueden estar presentes o no en cada una de las especies de peces.

3.4.1 Boca. López¹¹, manifiesta que esta tiene importancia en la selección y captura de alimento por parte de especies herbívoras, carnívoras y omnívoras. La posición de la boca es propia de cada grupo de especies de tal manera que puede ser superior, terminal, ventral o subterminal. En caso de la carpa koi (*Cyprinus carpio*) la clasificación de la boca es terminal según su hábito alimenticio omnívoro.

3.4.2 Dientes. De acuerdo con López¹², son estructuras duras formadas a partir de núcleos de hialo- dentina, su localización varía según las especies alrededor de las mandíbulas, paladar, lengua y faringe. La forma de los dientes puede ser viliformes, cardiformes, incisivos, caniniformes o molariforme. En caso de la carpa koi (*Cyprinus carpio*) la clasificación de los dientes es caniniformes.

3.4.3 Cavidad bucal. Está delimitada según López¹³, por los labios, el paladar, porción anterior de la faringe y el piso de la boca. Los peces no poseen glándulas salivares a diferencia de los mamíferos, la lengua de los peces es rígida, no interviene en la captura del alimento, sostenida por el hueso hioideo. El diámetro de la cavidad bucal varía dependiendo de las familias, se registra la mayor capacidad en los peces predadores y carnívoros a diferencia de los peces filtradores como las tilapias y las carpas que presentan menor diámetro.

3.4.4 Faringe. Según Salinas¹⁴, la faringe o cavidad faríngea está delimitada por los arcos branquiales, en los cuales se forman las espinas branquiales o branquiespinas. Cada arco branquial está formado por una rama superior y otra inferior. Las branquiespinas se conocen en una gran diversidad morfológica. Mientras que en algunos teleósteos pueden estar ausentes, en los restantes varían en cantidad, tamaño y forma, con relación al tipo de alimentación.

3.4.5 Esófago. Salinas¹⁵, menciona que es una estructura cilíndrica de naturaleza epitelial y muscular que comunica en la mayoría de los peces a la faringe con la parte cardial del estómago, con la excepción de los ciprínidos como las carpas, las cuales no poseen estómago anatómico propiamente dicho y el esófago se conecta con el intestino.

¹¹ LÓPEZ, Jorge. Nutrición y Alimentación Piscícola. Nutrición Acuícola. 21 ed. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. 2014. p.28. ISBN 978-958-8609-73-7

¹² Ibíd., p.28.

¹³ Ibíd., p.29.

¹⁴ SALINAS, David. Sistema digestivo de peces teleósteos. Trabajo de grado: Maestro en ciencias. México. DF.: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ciencias 2015. p.54.

¹⁵ Ibíd., p. 29.

3.4.6 Estómago. Salinas¹⁶, menciona que su función es la de preparación física y química del alimento. La función física o mecánica es realizada por la peristalsis, mientras que la química es por la acción de enzimas digestivas y el ácido clorhídrico. En muchas especies, es un saco epitelial muscular bien definido en forma de "U" o "J" provisto de esfínteres o pliegues de músculo liso, localizado en las regiones cardial y pilórica del estómago que separan claramente este órgano del esófago y el intestino, además cuenta con esfínteres que impiden que el alimento se regrese al esófago o pase al intestino anterior sin haber sido suficientemente expuesto a la acción de las enzimas del jugo gástrico.

Este jugo gástrico, es secretado por glándulas fúndicas y pilóricas, a diferencia de otras especies como los cíclidos, en que el estómago es un receptáculo sin esfínteres, lo que facilita que el alimento insuficientemente digerido, se traslade rápidamente del estómago al intestino anterior, en la medida en que se llene este órgano y se eliminen a través de la heces, lo que implica que no es un estomago realmente anatómico pero si fisiológico como el de los omnívoros debido a que produce ácido clorhídrico y pepsinógeno. En contraste, según López¹⁷, estos peces están desprovistos de estómago como sucede con los ciprínidos los cuales se consideran agastros, como es el caso de las carpas koi.

3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS PECES AGASTROS

Valdez¹⁸, señala que algunas especies como la carpa koi carecen de estómago verdadero y cuentan con un "bulbo" o ensanchamiento del canal digestivo posterior al esófago. No presentan células secretoras de ácido o pepsina y dependen exclusivamente de la tripsina y otras proteasas asociadas. El canal biliar vierte sus contenidos directamente en la unión de esófago con intestino y a diferencia de las especies con estómago, que vierte después del esfínter pilórico.

3.5.1 Intestino. López¹⁹, menciona que el intestino de los peces se divide en anterior, medio y posterior. La porción con mayor capacidad secretora y absorbente son los ciegos pilóricos y el intestino anterior. La Longitud del intestino con respecto a la longitud total, depende de los hábitos alimenticios de la especie. Registrando mayor longitud en los peces detritívoros, seguido de los filtradores de fitoplancton y zooplancton, herbívoros, omnívoros y la menor longitud en los carnívoros. Según

¹⁶ SALINAS. Op.cit., p.30

¹⁷ LÓPEZ. Op.cit., p.33.

¹⁸ VALDÉZ, Luis. Anatomía en peces, México. En: Revista electrónica Scielo. Abril, 2016. Vol. 3, no 2 p. 13

¹⁹ LÓPEZ. Op.cit., p.36.

esto, la carpa koi que presenta hábitos alimenticios omnívoro la relación del intestino vs longitud es de 1,2 a 4,7.

Las diferentes regiones del intestino de los peces, no se diferencian macroscópicamente pero si histológicamente, de tal manera que se encuentran conformadas por diferentes capas de tejido, siendo la más interna, la mucosa constituida por epitelio simple cilíndrico y tejido conjuntivo laxo, la sub-mucosa tiene tejido conjuntivo laxo, una capa gruesa de tejido muscular liso en disposición circular y longitudinal y la más externa y delgada que recubre el órgano, es la serosa que contiene epitelio simple plano, tejido conjuntivo laxo, vasos sanguíneos y nervios.

3.5.2 Vellosoidades intestinales. De acuerdo con Salinas²⁰, la mucosa intestinal de los peces forma al igual que en el estómago, las proyecciones epiteliales que se introducen a la luz intestinal y de esta manera amplían significativamente la superficie de secreción y absorción del intestino. Las vellosoidades, están separadas por espacios denominados criptas intestinales y conformadas por epitelio simple cilíndrico y tejido conjuntivo laxo. La mínima unidad anatómica estructural y funcional del epitelio secretor y absorbente, son los enterocitos, los cuales conforman las vellosoidades absorbentes y las células epiteliales que constituyen las glándulas intestinales que producen el respectivo jugo rico en enzimas proteolíticas, amilolíticas y lipolíticas. Zaldibar²¹, menciona que, en el epitelio, también se observan células en forma de copa, denominadas caliciformes, las cuales secretan moco protector con el fin de neutralizar el pH ácido. La mucosa y la submucosa presentan gran infiltración de glóbulos blancos principalmente linfocitos y monocitos que tienen como función evitar la invasión de organismos patógenos presentes en el alimento y que pueden atravesar en un momento dado de acuerdo a las condiciones inmunológicas del pez, la mucosa intestinal

3.5.3 Ciegos pilóricos. Salinas²², señala que los ciegos pilóricos, son estructuras digitiformes al nivel del piloro de numerosos teleósteos, y cuyo número varía con los grupos taxonómicos. Pueden tener la función de digerir o la de absorber, en algunos casos se presentan ambas funciones en un solo ciego pilórico. En estos se da una alta concentración de ciertas enzimas, sobre todo lipasa, para el desdoblamiento de las grasas y es en este sitio donde se presenta la absorción de la grasa en grandes cantidades. También ayudan a la asimilación de las moléculas simples procedentes de carbohidratos, lípidos y aminoácidos.

²⁰ Ibíd., p. 37.

²¹ ZALDIBAR, Miriam. El sistema inmunológico de las mucosas. En: Revista electrónica Scielo. Octubre, 2002.vol.18.no.18, p.3

²² SALINAS, Óp. Cit., p. 5.

3.6 GLÁNDULAS ANEXAS

3.6.1 Hígado. El hígado tiene múltiples funciones, entre las cuales se destaca la condición de ser el centro del metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas, desaminación y transaminación de aminoácidos, producción de los factores de coagulación y bilis, sitio de detoxificación, almacenamiento de glucógeno, vitaminas liposolubles (A, D, E, K) y destrucción de glóbulos rojos.

López²³, afirma que el hígado de los peces es muy sensible a dietas desbalanceadas en carbohidratos y grasas, lo que genera en condiciones de cultivo, la entidad patológica conocida como “hígado graso”, lo cual provoca que el hígado no pueda cumplir con sus funciones correctamente.

3.6.2 Páncreas. La secreción externa del páncreas según López²⁴, está constituida por proteasas tipo quimiotripsinógeno, tripsinógeno, polinucleotidas, nucleosidas, adeninas, amilasas y lipasas con el fin de desdoblar las moléculas complejas de proteína, carbohidratos y triglicéridos en moléculas simples representadas por aminoácidos libres, monosacáridos tipo glucosa, fructosa y galactosa, ácidos grasos libres y glicerol las cuales puedan atravesar por transporte activo o pasivo la membrana de los enterocitos que forman las microvellosidades intestinales y drenar al sistema portal para dirigirse al hígado y sufrir el metabolismo respectivo.

La secreción interna del páncreas es realizada por la hormona conocida como insulina cuya función es convertir la glucosa sanguínea en glucógeno la cual se almacena en el hepatocito.

3.7 ENZIMAS DEL TRACTO DIGESTIVO

3.7.1 Enzimas gástricas. Para López²⁵, en las especies carentes de estómago, no hay secreción de ácido clorhídrico y pepsinógeno para la digestión de proteínas. El desdoblamiento proteínico tiene lugar mediante la acción de enzimas tripsicas y la totalidad de la digestión se desarrolla en el intestino, en una zona entre neutra y alcalina en lo común en pH 6,9.

3.7.2 Enzimas intestinales. López²⁶, menciona que, en el intestino de la carpa, se ha detectado a una gran cantidad de sacarasa que desdobra la sacarosa en glucosa. La digestión en el intestino ocurre por la acción de distintos productos secretados por la pared intestinal o por las glándulas anexas como el páncreas y el

²³ LÓPEZ. Op.cit., p.39.

²⁴ Ibíd., p. 41.

²⁵ Ibíd., p. 42.

²⁶ Ibíd., p. 43

hígado. El epitelio glandular de la mucosa del intestino, secreta moco protector y enzimas proteolíticas para la ruptura de proteínas monolíticas (hidrólisis de carbohidratos) y lipolíticas que actúan sobre las grasas.

Según López²⁷, los peces con estomago verdadero, así como los peces agastros de aguas frías y cálidas, el pH del flujo intestinal es aproximadamente neutro o básico. En especies ornamentales el pH del fluido intestinal varía de 7 a 8,4. Según se trate de animales en estado de ayuno o saciedad generalmente el pH se aproxima a la neutralidad en la parte anterior del intestino y es alcalino en la parte posterior.

López²⁸, afirma que, la mayoría de los peces tienen muy poca capacidad de aprovechar la celulosa y la hemicelulosa, debido a que el tracto intestinal no produce células oxidativas. El sistema enzimático del tracto digestivo de los peces de aguas frías y cálidas es bastante similar al de los vertebrados. En las especies con estómago, la digestión de proteínas se inicia con la actividad de la pepsina en medio ácido y continua con la acción de las proteasas y peptidasas pancreáticas intestinales. En los peces desprovistos de estómago verdadero las proteasas intestinales son las únicas responsables de la degradación de la proteína y la digestión se caracteriza por la ausencia de proteólisis en medio acido.

3.7.3 Enzimas pancreáticas. Para López²⁹, las principales enzimas pancreáticas son las proteolíticas, amilolíticas y lipolíticas. La tripsina, quimotripsina, elastasa carboxipeptidasa y colagenasa constituyen las enzimas proteolíticas más importantes. La colagenasa pancreática, hidroliza las proteínas fibrosas de tipo conectivo.

3.8 ASPECTOS DEL INTESTINO Y LA FLORA INTESTINAL DE LOS ORGANISMOS ACUÁTICOS

Según Martínez, Vilora y Camacho ³⁰, a lo largo de la evolución animal, el intestino se ha convertido de modo progresivo en un órgano largo y complejo, con elevada capacidad absorbente y digestiva para lo cual sus paredes han experimentado un proceso de expansión y plegamiento. Además, se ha subdividido en distintas regiones diferenciadas estructural y morfológicamente. La principal función intestinal es la absorción de los principios nutritivos utilizables por el organismo,

²⁷ Ibíd., p. 44

²⁸ Ibíd., p. 44

²⁹ Ibíd., p. 45

³⁰ MARTINEZ, Teresa; VILORIA, Maribel y CAMACHO, Jesús. Aspectos histológicos del intestino de *typhlonectes venezuelensis* (amphibia : gymnopia, typhlonectidae) En: Revista Científica, FCV-LUZ Venezuela 2016.vol 14, no 3, p.56.

resultantes de la digestión de grandes moléculas orgánicas ingeridas por el animal. También en el intestino se absorben grandes cantidades de agua, que de otro modo se perdería junto con las heces. Conocer sobre la histología de peces es importante para aumentar y profundizar los conocimientos para la elaboración de alimento concentrado de consumo animal.

La flora bacteriana de acuerdo con De la Cruz, Zamudio y Corona ³¹, constituye un componente esencial de las redes tróficas tanto en actividad como en cantidad de biomasa, contribuyendo a la regeneración de nutrientes e interactuando con una amplia gama de organismos. Para comprender su función en los nichos específicos, es esencial identificar y cuantificar cada uno de los miembros que conforman estas comunidades, así como las actividades metabólicas que presentan.

De la Cruz, Zamudio y Corona ³², afirman que, en el caso de los organismos acuáticos, la flora intestinal es un ecosistema muy complejo y en constante cambio a lo largo del ciclo de vida del organismo, que se origina en algunos casos desde la eclosión, cuando las especies empiezan a filtrar diversas partículas que se van adhiriendo al organismo y forman una película protectora aun cuando su tracto digestivo no se ha desarrollado.

3.8.1 Flora bacteriana intestinal. Entre los factores que influyen en la flora bacteriana de los peces según Escobar, Olvera y Puerto ³³, se encuentran:

- Contacto con el ambiente
- Ingesta del alimento
- Secreción de hormonas
- Absorción de los nutrientes
- Aparición de proteínas y enzimas digestivas

Bacterias predominantes en peces de agua dulce

Se encuentran los siguientes cuatro géneros

- Aeromonas
- Pleisomonas

³¹ DE LA CRUZ, María; ZAMUDIO, Marcela y CORONA, Irene. Importancia y estudios de las comunidades microbianas en los recursos productores pesqueros. En: Revista Scielo.México. 2014.p. vol 2 no 4.p. 101-102.

³² Ibíd., p.103

³³ ESCOBAR, Laura; OLVERA, Miguel; PUERTO, Cesar. Avances Sobre la Ecología de Microbiana del Tracto Digestivo de la Tilapia y Sus Potenciales Implicaciones. [en línea] Mérida, Yucatán, México. 2006, [citado 13 abril 2020] p. 108. Disponible en internet : https://www.uanl.mx/utilidades/nutricion_acuicola/VIII/archivos/8Olverafinal.pdf. ISSN 970-694-333-5

- Enterobacteriaceae
- Pseudomonas

De acuerdo con Puello y Montoya ³⁴, el principal factor que influye en la variación de la flora bacteriana de los peces son las condiciones de estrés a las cuales pueden ser sometidos, algunos de ellos son: parámetros fisicoquímicos del agua, calidad y cantidad de alimento y separación del cardumen. Cuando estas condiciones son ajustadas los animales van a presentar perdidas en peso, longitud y enfermedades.

Por lo anterior, Puello³⁵, menciona que, las bacterias presentan un comportamiento de competencia de los sitios de adhesión. Estos organismos se caracterizan por la adhesión en las paredes intestinales y la mucosa, en donde se lleva el proceso de colonización de bacterias benéficas para inhibir la colonización de bacterias patógenas pues si esto no se hace las bacterias benéficas se consideran como bacterias en tránsito y se eliminan junto a las heces sin cumplir de manera adecuada su función prebiótica.

3.9 ALIMENTACIÓN EN CARPA KOI

La calidad y cantidad de alimento es uno de los factores que ha mostrado un efecto directo sobre el crecimiento de los peces. Una alimentación insuficiente y una dieta baja en proteína inhiben el crecimiento, los requerimientos proteicos y lipídicos de los peces dependen del contenido de energía digerible en la dieta.

Para Piñeros y Gutiérrez³⁶, un punto crucial en la alimentación de los organismos acuáticos es la utilización de harina de pescado en las dietas formuladas para estos. Por lo anterior, se ha venido trabajando en sustitutos de alta calidad, aunque se hace difícil encontrar un reemplazo adecuado, tanto en requerimientos nutricionales como en valor comercial. Sin embargo, aun cuando sea de forma parcial, existe la posibilidad de poder disminuir los niveles de harina de pescado. Para reemplazar esta materia prima se ha incursionado en el uso de los subproductos avícolas, como harinas de plumas, vísceras, entre otros productos.

La carpa en etapa de levante se alimenta 4 veces al día con alimento para mojarra® al 32% de proteína bruta. De acuerdo con Solla³⁷, la cantidad de alimento suministrado a los peces es equivalente al 10% del peso total promedio de los peces

³⁴ PUELLO, Paola y MONTOYA, Inés. Caracterización de la microbiota presente en el intestino de *Piaractus brachypomus* (cachama blanca). En: Revista electrónica Scielo. Agosto, 2018. vol.20, no. 2, p. 3

³⁵ Ibíd., p. 109

³⁶ PIÑEROS, Álvaro y GUTIERREZ, Mariana. Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818 [en línea]. 2014, Vol 18, no 2. [Citado 26 agosto 2019] . Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/ori/v18n2/v18n2a02.pdf>

³⁷ SOLLA, Alimentación mojarra. 2016. Disponible en internet: <https://www.solla.com/productos/acuicultura/mojarras-45>

muestreados de cada sistema hasta que alcancen un peso promedio de 3 g, luego se alimentarán al 5% con la misma frecuencia. La cantidad de alimento y el porcentaje de alimentación se ajustan con base a los datos de crecimiento tomados en cada muestreo.

Una de las ventajas de la carpa común según López y Barbosa³⁸, es su amplio espectro trófico, lo que le facilita sobrevivir en ambientes adversos. Acepta alimento producido en estanques y productos a base de carbohidratos, como sorgo y otros cereales, e incluso subproductos agrícolas, como salvado de arroz, lo que se aprovecha en el marco de la Agro-Acuacultura integrada. Así, este pez puede cultivarse con éxito a diferentes escalas de intensidad, en condiciones climáticas y factores abióticos propios de diferentes cuerpos de agua dulce, por lo que también muchos aspectos de su fisiología, nutrición, genética y enfermedades han sido estudiados.

En las tablas 1 y 2 se observan los requerimientos de proteína en la dieta de peces omnívoros. Espinoza³⁹

Tabla 1. Requerimiento de proteína en la dieta de peces omnívoros en sus diferentes fases

Clasificación	Peso (g)	Omnívoros % de proteína
Larva	0 - 0,5	42
Alevín	0,5 – 10	39
Juvenil	10 – 50	37
Crecimiento	>50	35
Reproductor	>300	37

Fuente: Espinoza, Jesús. Nutrición y Alimentación en peces

³⁸ LÓPEZ, Hernando y BARBOSA. Aixa. Crecimiento de carpa en jaulas flotantes en un reservorio de cajica (Cundinamarca), Colombia. En: Revista Universidad Militar Nueva Granada. Abril,2016. Vol. 8, no 2, p. 13.

³⁹ ESPINOZA, Jesús. Nutrición y Alimentación en peces. [en línea] 2 ed. nov. 2007. [citado 21 septiembre 2019]. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/136622242/NUTRICION-Y-ALIMENTACION-DE-LOS-PECES>

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de peces omnívoros

Nutriente	Omnívoros
Proteína	30 – 40 %
Lípidos	10 – 20 %
Carbohidratos	20
Vitamina “C”	1250
Vitamina “E”	25 – 100
Tiamina	2, 5 µg/kg
Fibra	6%

Fuente: Espinoza, Jesús. Nutrición y Alimentación en peces

3.9.1 Proteínas. Según López⁴⁰, las proteínas constituyen el mayor componente de los tejidos orgánicos, llegando a representar hasta el 75% con base en materia seca, los animales deben consumir proteínas, con el fin de llenar los requerimientos de aminoácidos. Una vez la proteína es ingerida, esta debe ser digerida e hidrolizada, hasta liberar los aminoácidos libres, los cuales son absorbidos a nivel de la porción anterior del intestino delgado y distribuidos por la sangre a los diferentes órganos y tejidos, donde los aminoácidos son posteriormente utilizados para sintetizar nuevas proteínas.

De acuerdo a López⁴¹, “las proteínas son usadas continuamente por el animal, sea bien para formar tejidos nuevos como sucede en el crecimiento y reproducción, o para reparar el desgaste normal de los tejidos. En consecuencia, el animal presenta una necesidad de consumo de proteínas o aminoácidos. Cuando la dieta no suministra una adecuada cantidad de proteína en los peces, se presenta una reducción o cesación del crecimiento y finalmente pérdida de peso, debido a que los animales retiran proteínas de varios tejidos con el fin de mantener las funciones de los órganos vitales. En contraste si se suministra proteína, en exceso de necesidades, un menor porcentaje de esta proteína se empleará para formar nuevos tejidos y el resto se utilizará con fines energéticos”.

⁴⁰ LÓPEZ. Op. cit., p. 54.

⁴¹ Ibíd., p. 54.

3.9.2 Energía. Los peces, según López⁴², son más eficientes en el catabolismo de las sustancias nitrogenadas, debido a que las excretan como amonio a través de las branquias y la orina y no como ácido úrico en el caso de las aves o como urea en el caso de los mamíferos. De lo anterior, se desprende que los peces pueden destinar gran parte de energía para las funciones productivas. Las raciones en exceso o déficit de energía, pueden reducir la tasa de crecimiento, debido a que los peces como los animales terrestres consumen alimento, primordialmente para satisfacer sus necesidades energéticas, especialmente las referentes a mantenimiento (respiración, circulación, osmorregulación, etc.) y a la contracción muscular activa y pasiva. Una vez las necesidades de las anteriores funciones son satisfechas, la energía se destinará para el crecimiento y la reproducción. Diferentes investigaciones han demostrado que cuando la ración es baja en energía, con relación a la proteína, un buen porcentaje de la proteína de la dieta, se metabolizará con fines energéticos.

3.9.3 Relación energía proteína en peces. Para Hernández, Gonzales y Salmaron⁴³, dentro de la actividad acuícola, uno de los parámetros más importantes es la nutrición en peces, no solo por el costo que demanda, sino porque de ella, depende en gran medida, el éxito de la producción. Por ello, es importante conocer los requerimientos de cada especie, principalmente en nutrientes esenciales como la proteína cuyas concentraciones optimas dependen del balance de energía y proteína.

Escobar y Reinoso⁴⁴, manifiestan que la relación energía proteína optima en peces herbívoros como tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) se encuentran entre 8,25 y 9,42, mediante los cuales se obtienen mejores resultados en cuanto a Tasa de Crecimiento Específico (TCE) y Factor de Conversión Alimenticia (FCA), lo cual se asemeja al caso de carpa koi pues al presentar un hábito alimenticio omnívoro tiene la tendencia a ser herbívora.

3.9.4 Fibra en la alimentación de peces. De acuerdo con García, Infante y Rivera⁴⁵, los carbohidratos no digeribles, también conocidos con el nombre de fibra cruda o dietética, comprenden a la hemicelulosa, celulosa, lignina, quitina y otros. Su estructura es muy rígida y su importancia nutricional depende de la presencia de

⁴² Ibíd., p.89.

⁴³ HERNÁNDEZ Glenn, GONZÁLEZ, José; SALMERON, Yaquelin. Efectos de la relación energía/proteína sobre el desempeño productivo sobre larvas de coporo (*Prochidolus mariae*). En: Revista Scielo. 2010. vol 28, no 2, p. 2 -3

⁴⁴ ESCOBAR, Alexander y REINOSO, Viviana. Efecto del nivel de proteína y energía en la dieta sobre el desempeño productivo de *Oreochromis niloticus*, variedad chitalada. En: Revista de Medicina Veterinaria. 2015. vol 4. no 12, p.1

⁴⁵ GARCIA, Eduardo; INFANTE, Benito y RIVERA, Carlos. Hacia una definición de fibra alimentaria. [en línea] Anales Venezolanos de nutrición Caracas, Venezuela. 2008 [citado 14 abril 2020]. Disponible en internet: http://ve.scien.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005

enzimas específicas para su degradación. Las cuales se encuentran en los animales herbívoros. Para el resto de los peces no tienen ningún valor alimenticio. Diferentes estudios demuestran que la carpa a pesar de reconocerse como una especie omnívora tiende a ser herbívora además de ser una especie rustica que asimila bien materias primas no convencionales, por lo cual acepta alimento producido naturalmente en estanques y productos a base de carbohidratos, como sorgo y otros cereales, e incluso subproductos agrícolas, como salvado de arroz.

3.9.5 Producción. Según Gómez⁴⁶, La piscicultura actualmente representa cerca de 57% de la producción animal en la acuicultura mundial. Las especies con mayor volumen de producción son las carpas (60,38%) seguidas por las tilapias (9,68%), los bagres (8,86%) y bastante más lejos por los salmones (5,13%) y las truchas (2,41%). Además de estos grupos, hay registros de cultivo de noventa y dos especies de peces más, pero estas, en conjunto, solo representan 13,53% de la producción mundial.

La producción piscícola colombiana según Gómez, Pasculli y Bages⁴⁷, se basa en el cultivo de varias especies, entre las cuales se cuentan el bocachico y la cachama, en cuanto a especies nativas, y de la carpa, la tilapia y la trucha, especies exóticas, introducidas al país hace muchos años. Al observar en la tabla 3, la composición de la producción, se aprecia que la oferta nacional depende de principalmente de la tilapia

Tabla 3. Especies acuícolas cultivadas en Colombia, 2016

Especie	Toneladas	Participación %
Tilapia	58065	65,34
Cachama	18437	20,75
Trucha	7110	8,00
Bocachico	2648	2,98
Carpa	1183	1,33
Otros	1428	1,61
Total	88871	100

Fuente: Minagricultura, CNA.

⁴⁶ GÓMEZ, José; PASCULLI, Laura y BAGES, Fernando. Hacia la Sostenibilidad y Competitividad de la Acuicultura Colombiana. 1 ed. Bogotá D.C.: Adana-Hugo, 2016. 9 p.

⁴⁷ Ibíd., p.109

3.10 PROCESO PRODUCTIVO

Carrascal⁴⁸, menciona que, la carpa se cultiva generalmente en estanque, asociada con otras especies con el fin de aprovechar al máximo la productividad primaria de toda la columna de agua del estanque. Este tipo de policultivo con carpa es utilizado por la mayoría de productores piscícolas de Colombia que cuentan con limitados recursos hídricos. En nuestro país la carpa se cultiva tradicionalmente con tilapia, cachama y otras especies de carpa, en donde la tilapia se alimenta de estratos superiores, la cachama de estratos medios y la carpa de estratos inferiores.

Carrascal⁴⁹, afirma que, disponer de la cantidad de semilla requerida de las especies deseadas y en el momento apropiado, es uno de los primeros factores que llevan al éxito del funcionamiento de la acuicultura. En los últimos años se ha logrado un notable éxito en mejorar el desove de las carpas, pero la disponibilidad de semilla de tamaño deseado todavía sigue siendo un problema. Una de las fases críticas en el ciclo de producción de carpa es la etapa de producción de dedinos, ya que esta repercute directamente sobre la longitud y el tiempo necesario para obtener peces de longitud comercial. Para producir dedinos de carpa de longitud pequeña (10 – 20 g) se siembran 40 alevinos de 1,5 cm por metro cuadrado, alcanzando una supervivencia del 20% al 35%. Las altas tasas de mortalidad que se presentan en esta fase, el lento crecimiento y la baja producción de biomasa son los principales factores que preocupan a los productores, lo cual ha hecho necesario el desarrollo de proyectos de investigación para buscar solución a dichos problemas.

3.10.1 Densidad de siembra. En Colombia comúnmente se utilizan sistemas de producción extensivos o semi-intensivos que toleran densidades no mayores a 1 – 2,5 pez/m². Cuando el productor quiere incrementar su producción aumentando la densidad de cultivo, se enfrenta con un conjunto de factores limitantes tales como: falta de oxígeno disuelto y la acumulación de sustancias tóxicas, producto del metabolismo de los peces, que pueden llegar a causarles la muerte.

Según la FAO ⁵⁰, la siembra de peces ya criados es la manera más efectiva para producir alevines de tamaño mediano y grande. Dependiendo del tamaño final requerido de los alevines, la densidad de siembra es 100 - 400 alevines/m². Los estanques deben ser inoculados con microcrustáceos, *Moina* o *Daphnia* después de la siembra. Alimentos suplementarios, tales como harina de soya, harinas de cereales, harina de carne o mezclas de estos materiales, deben ser implementados.

⁴⁸ CARRASCAL., Op cit., p. 10

⁴⁹Ibid., p. 11

⁵⁰ FAO. Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura.2019. Disponible en internet: <http://www.fao.org/fishery/affris/pagina-principal-sistema-de-informacion-sobre-alimentos-y-recursos-fertilizantes-para-la-acuicultura/es/>

También se puede usar salvado de arroz o cascarilla de arroz para alimentar a los alevines. La duración del período de crianza es tres a cuatro semanas.

Según Tovar⁵¹, la capacidad de carga para esta especie es de 1 a 3 crías/m², según las características del cuerpo de agua a sembrar. De 6 a 12 meses se han obtenido rendimientos de 2 a 5 Ton. /Ha., empleando fertilizantes orgánicos a razón de 4,3 Kg. /100 m² al mes.

3.11 PRODUCCIÓN DE FRIJOL

Tovar⁵², menciona que, para el año 2017 los principales países productores a nivel mundial fueron India (20,3%), Myanmar (17,4%), Brasil (9,7%) Estados Unidos (5,4%), China (4,2%) y México (3,8%) Para el año 2017 Colombia produjo 104175 Ton de frijol. En el departamento de Antioquia, uno de los más representativos en la producción de frijol, se vio favorecido por las buenas condiciones climáticas que se presentaron en el primer semestre del año 2017, lo cual permitió prever un aumento en las áreas sembradas de frijol para el segundo semestre de este año. Los materiales más volubles son: Cargamanto blanco para grano seco y Cargamanto rojo para venta en vaina verde; Para el año 2017 la buena comercialización y las buenas condiciones climáticas influenciaron en el aumento de las áreas sembradas en el departamento de Nariño.

A continuación en la tabla 4 se observa según FENALCE⁵³, la producción de frijol en los diferentes departamentos del país para el semestre B – 2019.

⁵¹ TOVAR, Alberto. Cultivo de carpita. [en línea]. México. oct. 2014. [citado 20 noviembre 2019]. Disponible en internet: https://oneproceso.webcindario.com/CULTIVO_CARPA2.pdf

⁵² Ibíd., p.44

⁵³ Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE). Informe de gestión 2019 – A Fondo Nacional de Leguminosas. Colombia, Cundinamarca: Venegas., 2019.

Tabla 4. Producción de frijol en el semestre B - 2019 en diferentes departamentos de Colombia

Frijol	Área Esperada 2019 B (Ha)	Área Efectivamente sembrada 2019 B (Ha)	Rendimiento Esperado (Ton/ Ha)	Producción 2019 B (Ton)
Antioquia	5896	4975	1,46	8592
Atlántico	470	90	1,10	517
Bolívar	1110	310	1,10	1221
Boyacá	690	1275	1,72	1185
Cundinamarca	5600	5420	1,73	9680
Huila	8700	11795	1,28	11100
Nariño	<u>9080</u>	<u>6580</u>	<u>1,34</u>	<u>12172</u>
Norte de Santander	3200	3000	1,20	3840
Santander	9200	8800	1,21	11130
Tolima	3800	600	1,15	4380
Total frijol	51146	45715	1,40	71777

Fuente: Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE). Informe de gestión 2019

La vaina de frijol, como lo manifiesta Hidalgo ⁵⁴, hace parte del fruto que se obtiene de la plántula, por lo cual esta especie se clasifica como leguminosa. La vaina puede ser de diferentes colores y tamaños dependiendo de la variedad y el sitio de cultivo. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placental, y la sutura ventral Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placental. Según FENALCE⁵⁵, el frijol es cultivado en casi la totalidad del planeta, siendo Latinoamérica la zona de mayor producción y consumo, razón por la cual se generan grandes cantidades de vaina de frijol como residuo.

⁵⁴ HIDALGO, Rigoberto y DEBOUCI, Daniel. Morfología del frijol. México [en línea]. 2010, vol 33, no 1 [citado 23 mayo 2019]. Disponible en internet: <https://cgospace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81884/morfologia7eba331e.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ISSN 0187-7380

⁵⁵ Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE). Ibíd., p. 5

3.12 QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

Según la Agencia de Desarrollo Rural (ADR)⁵⁶, en Nariño el 70% de los incendios son de origen antrópico causados por la quema de residuos agrícolas como tallos, pastos, hojas y cáscaras, siendo la manera más económica y fácil de deshacerse o reducir el volumen de materiales combustibles producto de actividades agrícolas. Estas son muy utilizadas a pesar de que no se trata de un manejo ambientalmente aceptable. Además, desde el punto de vista de la salud pública resultan preocupantes por una serie de razones:

- El humo de las quemas agrícolas se libera a nivel o muy cerca del suelo en áreas generalmente pobladas, lo que conlleva una exposición a los contaminantes directa y elevada de la población aledaña.
- Estas quemas se realizan generalmente por etapas, en temporadas específicas del año, y pueden dar lugar a concentraciones muy elevadas de contaminantes, los cuales contribuyen al cambio climático, ya que entre los compuestos emitidos se encuentran gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta, como el carbono negro.
- Son fuentes no puntuales de contaminantes atmosféricos y se realizan en áreas muy extensas, por lo que resulta difícil medir y regular este tipo de emisiones.
- Las condiciones de la combustión y los combustibles varían e incluyen la posible presencia de plaguicidas.

⁵⁶ Agencia de Desarrollo Rural (ADR). Plan Integral de desarrollo Agropecuario y rural con enfoque territorial – Departamento de Nariño.2019

3.13 GENERALIDADES DE LA VAINA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

Según FENALCE⁵⁷, teniendo en cuenta las variedades de frijol en Colombia, las tendencias de consumo indican una demanda generalizada de la variedad de frijol cargamento que se subdivide en los tipos blanco y rojo.

Según Franco⁵⁸, en Nariño, el frijol cargamento de tipo rojo o *Phaseolus vulgaris* de acuerdo a su clasificación taxonómica (Tabla 5) es una de las principales leguminosas de consumo. Así mismo, en las plazas de mercado de la ciudad, se identifica la generación de gran cantidad de vaina de frijol de cargamento rojo fresco o verde (como se conoce comúnmente) sin un aparente aprovechamiento.

Tabla 5. Clasificación taxonómica

CLASIFICACIÓN	
Nombre común	Frijol Cargamanto
Especie	<i>Phaseolus Vulgaris</i>
Familia	Fabáceas (Fabaceae)
Clase	Magnoliopsida
Nombre vaina de frijol sin semilla	<i>Phaseoli Pericarpium</i>

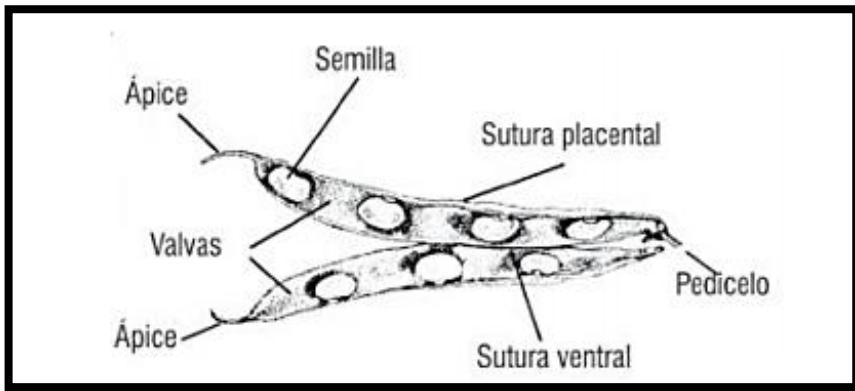
Fuente: Expediciones botánicas siglo XXI: Herbario Virtual

Con el fin de indicar claramente el material, en (Figura 1), se muestra el fruto o vaina de la planta. El material usado en el proceso presenta dos valvas y suturas en la unión de las valvas denominadas sutura dorsal o placental y sutura ventral.

⁵⁷ FENALCE. Propiedades del frijol [En línea]. Abril-Junio 2012 [Citado 22 Junio, 2013]. Disponible en: https://www.fenalce.org/arch_public/bienestar101.pdf

⁵⁸ FRANCO, Marcela. Evaluación cargamanto rojo como material biosorbente en la remoción de cadmio presente en soluciones acuosas. Bogotá: DC. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Libre. Facultad de ingeniería. 2014. 22. p

Figura 1. Fruto o vaina de la planta de frijol



Fuente. Restrepo, Martínez, Jaramillo. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

De acuerdo a Arias Restrepo, *et al*⁵⁹, la maduración del cultivo de frijol cargamento no es uniforme. Esto quiere decir que las vainas en una planta no maduran al mismo tiempo, por lo que se hace necesario realizar la cosecha de forma manual, en varias etapas.

Según Arias Restrepo, *et al*⁶⁰, las vainas son tomadas posteriormente a la etapa R9 de Maduración, siendo esta la última de la escala de desarrollo del cultivo. Luego de esa última etapa, las vainas de frijol pueden tener diversas disposiciones finales: a) Se seleccionan las mejores vainas con semilla para próximos cultivos; b) Comercialización del frijol sin vaina. En esta situación las vainas quedan in situ susceptibles a diversos manejos que pueden incluir su aprovechamiento agrícola y C) Comercialización del frijol con vaina. Por lo general luego de la etapa R9, las vainas de frijol son acopiadas, transportadas y distribuidas principalmente a las plazas de mercado como Corabastos en la ciudad de Bogotá donde se disponen temporalmente y se reduce o desperdicia su potencial de aprovechamiento.

⁵⁹ ARIAS RESTREPO, J. H; MARTÍNEZ, T.R y JARAMILLO CARMONA, M. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) En la producción de frijol voluble. Medellín (Colombia): CTP Print Ltda, 2007. p. 168. ISBN 978-92-5-305827-3.

⁶⁰ Ibid., p.102

Durante el manejo de postcosecha, de acuerdo con Franco⁶¹, las vainas de frijol sufren diversos cambios en sus condiciones físicas y químicas. Así, factores como cambio de temperatura, tiempo, condiciones de acopio, limitada aireación del volumen juntado, tipo de empaque, reacciones químicas entre otros, inciden en la oxidación, aceleración de su madurez y pérdida de material. Un indicador directo que determina el grado de madurez de las vainas es la tonalidad y el endurecimiento. El color verde de las vainas indica grano fresco mientras que el color amarillo o café indican grano seco.

3.14 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES DE LA VAINA DE FRIJOL

Los frijoles contienen varios componentes hidrocarbonados no glicémicos: almidón resistente, polisacáridos de la fracción de fibra dietética y oligosacáridos no digestibles. El conjunto representa el 57,65% de la materia seca del alimento cocinado, siendo la cáscara de mayor contenido de polisacáridos celulósicos estructurales y lignina, los cuales van desde un 58,7% a 65% y 1,4% a 1,9% respectivamente. La mayor parte de la fibra es degradada por la microbiota⁶².

3.15 FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LAS LEGUMINOZAS

La eliminación de factores antinutricionales presentes en la cáscara, como los polifenoles, permite una mejor utilización de las proteínas, debido a que estos en el proceso de cocción, reaccionan con los péptidos presentes en el cotiledón, disminuyendo su eficiencia. De igual manera, puede favorecer una mayor absorción de minerales relacionados con la acción hipocolesterolémica⁶³.

3.15.1 Factores antinutricionales de la vaina de leguminosas. Las legumbres según Gil⁶⁴, presentan un elevado contenido de fibra dietética soluble; así, en el caso de las vainas secas el 25% del total de la fibra es de carácter soluble, incluye la celulosa, la lignina y algunas fracciones de hemicelulosa y se caracteriza porque apenas sufre fermentación intestinal. La fibra insoluble, se encuentra, en vainas de leguminosas frescas en la piel o en la testa de las leguminosas secas. La fibra dietética se mantiene prácticamente constante. Las legumbres presentan una gran variedad de compuestos fenólicos y especialmente, una alta proporción de taninos los cuales se encuentran contenidos en la cáscara de frutas y verduras, consumir taninos en exceso impide la absorción de proteínas y vitaminas.

⁶¹ FRANCO. Op.cit., p.30

⁶² Ibid., p.31

⁶³ Ibid., p.32

⁶⁴ GÍL, Ángel. Tratado de nutrición. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2 ed. Bogotá D.C.: Dolores Ruiz, 2010. 153 p.

3.15.2 Composición de los factores antinutricionales. Según Gil⁶⁵, los factores antinutricionales de las leguminosas están conformados por factores lábiles al calor (inhibidores de tripsina, lectinas, glucósidos, fitatos) y factores estables al calor (oligosacáridos), los mismos que están a menudo asociados con la baja aceptación de las leguminosas debido a que inhiben la digestibilidad de la proteína, por lo que deben ser inactivados o minimizados a fin de maximizar su valor nutricional.

- Lectinas.** Producen aglutinación de los glóbulos rojos de la sangre debido a su especificidad para el receptor de glicoproteína situado en la superficie celular. La acción de las lectinas es combinarse con las células de la mucosa intestinal causando una interferencia no específica con la absorción de nutrientes.
- Fitatos.** Los fitatos reducen la biodisponibilidad mineral e interactúan con las proteínas alterando la solubilidad. Además, inhiben enzimas como la pepsina, α -amilasa y la tripsina.

⁶⁵ Ibíd., p. 154

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Digestibilidad del Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño (Figura 1), ubicada en la Ciudadela Universitaria – Torobajo, en San Juan de Pasto, con coordenadas geográficas: 10°12'52,48" Norte, 77°16`41,22" oeste, a una altura de 2527 msnm, con temperatura ambiente promedio de 13,3°C y una humedad relativa de 60 a 88%⁶⁶.

Figura 2. Laboratorio de digestibilidad. Universidad de Nariño



4.2 PERIODO DE ESTUDIO

Dentro de la investigación la preparación del laboratorio, la adquisición del material biológico, secado y preparación de la materia prima y la realización de las dietas experimentales tuvo una duración de 15 días, comprendidos entre el 13 y el 27 de enero de 2020. El pre ensayo de las dietas a los animales se realizó durante 5 días del 28 de enero al 1 de febrero de 2020; El trabajo experimental tuvo una duración de 45 días comprendidos entre el 3 de febrero al 17 de marzo del mismo año, tiempo en el cual se realizó el seguimiento y control de la especie, los exámenes bromatológicos e histológicos

⁶⁶ RIVAS, Gloria y MUÑOZ, Diego. Proyecto del estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño., 2007

4.3 INSTALACIONES, EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

Las pruebas de laboratorio se realizaron en un sistema de recirculación (Figura 2) lo que permitió controlar parámetros como temperatura (22,72°C), pH (6,73) y Oxígeno (2,65 mg/L), nitritos (0,26 mg/L).

Figura 3 . Sistema de recirculación. Laboratorio de digestibilidad. Universidad de Nariño



4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

Este sistema de recirculación, estuvo conformado por 12 acuarios plásticos con una capacidad neta de 25 L de agua cada uno, ubicados en dos estantes metálicos y divididos en tres compartimientos horizontales, cada sección contó con 2 acuarios. Así mismo, está dotado por las siguientes partes:

4.4.1 Filtro mecánico. El agua procedente de cada una de las 12 unidades experimentales, pasa a través de la entrada acondicionada con tubería de pulgada perforada, unida a un codo y forrada con guata con dimensiones de 20 cm de largo x 25 cm de ancho. En la parte inferior del filtro se dispuso de guata con dimensiones de 40 cm de largo x 30 cm de ancho. La tubería de salida fue dispuesta en forma vertical a una distancia de 3 cm de la base del filtro, la cual capta el agua superficial para posteriormente pasar al filtro biológico. (Figura 3)

Figura 4. Filtro mecánico



4.4.2 Filtro biológico. Se adecuó una malla de 7 cm de largo x 7 cm ancho en la tubería de entrada y 0,201 kg de Kalnes con el fin de asegurar que los medios bacterianos se encuentren en constante movimiento se suministró 2 líneas de aireación. Finalmente, en la parte inferior se encuentra la tubería de salida con una Longitud de 30 cm previamente perforada, la cual permite el paso del agua previamente tratada al sistema de bombeo. (Figura 4)

Figura 5. Filtro biológico



4.4.3 Sistema de bombeo y calefacción. Cuenta con una tubería de entrada de 1", 4 líneas de aireación, 2 termostato Sunlike 200 wts y 1 sensor de nivel de agua, el cual funciona cuando el agua se encuentra en su nivel máximo y mínimo de llenado, activando una motobomba JAD 110 V, para mantener el nivel del sistema

y que el agua se distribuya de manera homogénea en todas las unidades (Figura 5). El agua pasa hacia el tanque de nivel por medio de una tubería de 1"

Figura 6.Sistema de bombeo y calefacción



4.4.4 Tanque de nivel. Posee una tubería de entrada de 1", 4 líneas de aireación y finalmente tubería de salida de 1", la cual distribuye el agua almacenada hacia las unidades experimentales (Figura 6)

Figura 7.Tanque de nivel



4.4.5 Equipos, materiales e insumos. A continuación, se presenta los equipos, materiales e insumos utilizados durante la investigación:

- Balanceado comercial mojarra 32 % de proteína
- Harina de vaina de frijol
- Harina de maíz
- Tamiz de 250 µm
- Jeringas
- Estufa
- Molino de martillo Nossen
- Fotómetro YSI 9500
- Multiparámetro HANNA HL 9813-6
- Kit de análisis de agua marca LaMotte
- Balanza de precisión Ohaus Scout pro $\pm 0,1$ g 0,1 g a 5,0 kg
- Pie de rey
- Nasas
- Eugenol Proquident ®
- Equipo de disección
- Recipientes plásticos con capacidad de 10 mL
- Solución buffer de formaldehido 10%
- Cámara fotográfica Axiocam ERc 5s Carl Zeiss
- Microscopio. OLYMPUS, CH2
- Hipoclorito de sodio comercial al 5,5%

4.4.6 Material biológico. Las carpas koi (Figura7), fueron adquiridas en Pereira-Risaralda, con un peso promedio de 7,0 g, longitud total 7,62 cm, con una coloración plateada, dorada metalizada y brillo intenso.

Figura 8. Material biológico



4.5 PLAN DE MANEJO

4.5.1 Preparación de la harina de vaina de frijol. La harina de vaina de frijol fue sustituida en el balanceado comercial teniendo en cuenta los diferentes niveles según los tratamientos (T0:0%, T1:10%, T2:20%, T3:30%), siguiendo los protocolos recomendados por González y Wills⁶⁷ (ANEXO A).

4.5.2 Adecuación de las instalaciones. El sistema de recirculación se adecuó haciendo pruebas al sistema hidráulico, realizando el llenado y vaciado total del mismo para encontrar fugas y hacer la corrección de ellos. Adicionalmente se realizó la desinfección del sistema de recirculación, los acuarios, los equipos y utensilios utilizando hipoclorito de sodio comercial al 5,5% a una dilución de 20mL/L agua y sal marina en concentración de 4 g/L

4.5.3 Aclimatación. Los animales fueron colocados en bolsas plásticas con agua a una temperatura de 21°C. Posteriormente, se los llevó a las unidades experimentales a temperatura de 22,72 °C por un periodo de 20 minutos. Una vez transcurrido este tiempo los animales fueron distribuidos paulatinamente a razón de 5 animales por acuario.

4.5.4 Adaptación a las dietas experimentales. El alimento preparado fue suministrado durante cinco días, ad libitum cuatro veces al día, y se midió el peso y la longitud inicial de cada uno de los peces, antes de dar inicio al experimento,

⁶⁷ GONZALES, Adolfo y WILLIS, Álvaro. Evaluación de dietas isoenergéticas con varios niveles de proteína y de harina de pescado en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*). [en línea] Colombia 2015 [citado 30 septiembre 2019]. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n2/v12n2a08.pdf>

adicionalmente se realizó recambios de agua del 1% diario y el sistema de recirculación se ajustó con un caudal de 0,007 L / 0,00027 hr

4.5.5 Censos. Los animales de cada unidad experimental fueron censados cada 15 días, con un periodo de ayuno de mínimo 8 horas. Para lo cual se realizó el siguiente protocolo:

- La columna de agua se disminuyó en un 50% del nivel de cada unidad experimental para facilitar la captura de los animales.
- Las carpas fueron capturadas con una nasa para ser tranquilizadas en una solución de 3 gotas de Eugenol por cada 2 litros de agua.
- Una vez los animales perdieron el reflejo de huida, fueron manipulados para el registro la longitud con la ayuda de un pie de rey 1/ 128 mm y el pesaje con una balanza de precisión Ohaus Scout pro ($\pm 0,1$ g).

4.6 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE VAINA DE FRIJOL

4.6.1 Consecución de materia prima. Los 7,5 kg de vaina de frijol en base húmeda empleada como materia prima en esta investigación, fueron obtenidos en el mercado municipal de Piedra Ancha, ubicado a 121 km de la ciudad de San Juan de Pasto. (Figura 8)

Figura 9.Vaina de frijol en base húmeda



4.6.2 Desecación vaina. La vaina de frijol se desecó en la sección de laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, para lo cual fue introducida en bolsas de papel bond con dimensiones de 25 cm de largo x 15 cm de ancho cada una con una capacidad de 600 g. La materia prima fue sometida a una temperatura de 55°

C en una estufa por 24 horas. De acuerdo a lo determinado por Contreras⁶⁸, terminado este proceso se retiran las bolsas de la estufa y se dejan reposar por un periodo de 60 minutos. (Figura 9)

Figura 10. Desecación vaina de frijol. Laboratorios especializados. Universidad de Nariño



4.6.3 Molienda y tamizaje. La vaina de frijol secada, fue molida utilizando un molino de martillo marca Nossen y pasada por un tamiz de 250 μ para la elaboración de dietas experimentales (Figura 10)

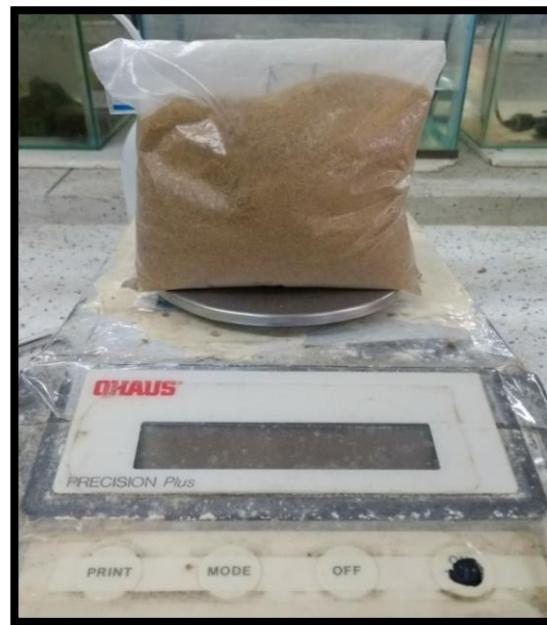
Figura 11. Molienda y tamizaje.



⁶⁸ CONTRERAS, Santiago. Escaldado de alimentos: Proceso, tipo, ventajas y desventajas. [en línea]. Feb. 2019 [citado 8 jun, 2020]. Disponible en internet: <https://www.lifeder.com/escaldado-alimentos/>

4.6.4 Pesaje de la harina. Se realizó el pesaje de toda la harina de vaina de frijol tamizada, con una balanza de precisión Ohaus Scout pro $\pm 0,1$ g obteniéndose una cantidad de 800 g de los 7,5 kg iniciales en base parcialmente seca, lo que indica que el porcentaje de humedad se encontraba en 89,3%. (Figura 11)

Figura 12. Pesaje harina de vaina de frijol



Se realizó un análisis bromatológico de 100 g de harina de la vaina de frijol en base parcialmente seca (ANEXO B)

4.7 PREPARACIÓN DE DIETAS

4.7.2 Configuración de dietas. Para la elaboración de las dietas utilizadas en la alimentación de los peces se sustituyeron los siguientes porcentajes en el balanceado comercial.

T0: 0% de harina de vaina de frijol

T1: 10% de harina de vaina de frijol

T2: 20% de harina de vaina de frijol

T3: 30% de harina de vaina de frijol

Las dietas experimentales se mezclaron manteniendo las siguientes proporciones, establecidas por Meneses y Paz⁶⁹

T0: 0g Harina de vaina de frijol + 1000 g de balanceado comercial

T1: 100g Harina de vaina de frijol + 900 g de balanceado comercial

T2: 200g Harina de vaina de frijol + 800 g de balanceado comercial

T3: 300g Harina de vaina de frijol + 700 g de balanceado comercial

4.8 ELABORACIÓN DE DIETAS EXPERIMENTALES

4.8.1 Mezcla. Para los tratamientos 1, 2, y 3 se pesaron las cantidades correspondientes de harina de vaina de frijol y balanceado comercial. La mezcla de las harinas se realizó mediante micromezcla en base seca, teniendo a la harina de vaina de frijol como elemento que entra en pequeña proporción hasta obtener una mezcla homogénea entre las mismas. (Figura 12)

Figura 13. Mezcla harina de vaina de frijol y balanceado comercial



4.8.2 Preparación de aglutinante y adición a las dietas Se calentó 1 litro de agua destilada a una temperatura de 25° C y se agregó 5 g de almidón de maíz, posteriormente se agregó 10 mL de esta solución a la mezcla de harinas hasta formar una masa (Figura 13)

⁶⁹ MENESSES, John Alexander y PAZ, Mario Fernando. Evaluación de los coeficientes de digestibilidad de dietas elaboradas con 10, 20 y 30% de extracto seco de hidrolizado de vísceras de pescado en el alevinaje de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*, VANDELLI 1929). Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos, 2013. 47 – 48 p.

Figura 14. Preparación de aglutinante



4.8.3 Peletización. La masa fue colocada en jeringas con un orificio de salida de 2 mm, con el fin de distribuir la misma en forma de zigzag en bandejas metálicas para su posterior secado en una estufa por 24 horas a 55°C. (Figura 14)

Figura 15. Distribución de la masa en bandeja



4.8.4 Almacenamiento del pellet. Transcurridas las 24 horas de secado, las dietas experimentales se dejaron secar a temperatura ambiente por una hora. Finalmente, estas fueron partidas de forma mecánica a través de un mortero para ser almacenadas en bolsas. (Figura 15)

Figura 16. Colocación del pellet en bolsas ziploc



4.8.5 Composición nutricional de dietas. Para estructurar las dietas experimentales se utilizó el programa Microsoft Excel (2016), sustituyendo diferentes niveles de proteína (10%, 20% y 30 %), teniendo como base el valor óptimo para el crecimiento de la especie en etapa de levante que es el 30%.

4.9 SIEMBRA DE ANIMALES

4.9.1 Recepción. Las carpas fueron recibidas en un acuario con una capacidad de 200 L, el agua se preparó previamente registrando los siguientes parámetros físico-químicos, como se indican en la siguiente tabla (Tabla 6)

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos iniciales

Parámetro	Valor
Temperatura	22°C
Oxígeno	2,75 mg/L
pH	6,67

4.9.3 Aclimatación. Las carpas fueron colocadas en bolsas plásticas con agua a una temperatura de 22°C. Posteriormente, se los llevó a la superficie del acuario a una temperatura de 22 °C por un periodo de 30 minutos.

4.9.4 Tallaje, pesaje y selección. Para la manipulación de los animales se utilizó Eugenol praqueudent ® a una concentración de 3 gotas de Eugenol / 2L por un tiempo de 3 minutos. Los animales presentaron perdida de equilibrio y pérdida total del reflejo de fuga. (Figura 16)

Figura 17. Sedación de los animales



Posteriormente se los paso por una toalla absorbente para retirar el exceso de humedad. Teniendo en cuenta el coeficiente de variación, se realizó el pesaje en una balanza analítica de precisión Ohaus Scout pro $\pm 0,1$ g, seleccionando animales entre 6,8 y 9,99 g y el tallaje utilizando un pie de rey Vernier 1/128 x 6 pulgadas midiendo longitud total y longitud estándar de los mismos. (Figura 17)

Figura 18. Recolección de datos de peso, longitud total y longitud estándar



Se seleccionaron 60 ejemplares de carpa koi (*Cyprinus carpio*) con las siguientes características (Tabla 7). Los datos de peso y longitud por tratamiento y réplica se encuentran en la sección de anexos (ANEXO C)

Tabla 7. Peso y longitud carpa koi

	Peso (g)	Longitud (cm)	
		Lt(cm)	Le (cm)
Promedio	7,54	7,96	6,33
Des.	0,97	0,44	0,39
Estándar			
Coeficiente de variación	12,92	5,50	6,19

Los animales censados fueron trasladados a un acuario de recuperación por un tiempo de 5 minutos el cual contenía agua con sal a una concentración de 3g / L y acondicionados con aireación (Figura 18)

Figura 19. Recipiente de recuperación



4.9.5 Siembra de animales. Del total de animales de la población de animales seleccionados para el experimento, se sacaron al azar 5 peces, registrando su respectivo peso y longitud, para ser sembrados en cada unidad experimental de manera aleatoria.

Los tratamientos y sus respectivas unidades experimentales iniciaron bajo las mismas condiciones de peso y longitud, según la prueba de ANOVA, realizado en el programa científico R (ANEXO D)

4.9.6 Adaptación a las dietas experimentales. Los animales fueron adaptados a las dietas experimentales con el fin de habituar el sistema digestivo a las dietas formuladas.

La adaptación se realizó teniendo como base el protocolo establecido por Ladines, *et al*⁷⁰, en la producción de peces ornamentales en Colombia. (Tabla 8)

Tabla 8. Producción de peces ornamentales

Dia	Alimento
1	Concentrado actual 80%
	Concentrado nuevo 20%
2	Concentrado actual 60%
	Concentrado nuevo 40%
3	Concentrado actual 20%
	Concentrado nuevo 80%
4	100%

Fuente: Ladines, Miguel *et al.* Producción de peces ornamentales en Colombia

Durante la adaptación del alimento, no se registraron mortalidades entre los diferentes tratamientos y réplicas.

4.10 PRUEBAS HISTOLÓGICAS

4.11 SACRIFICIO DE MATERIAL BIOLÓGICO Y PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS

4.11.1 Sedación. La sedación de las carpas se realizó usando Eugenol Praquident ®, a una concentración de 10 gotas/ L (Figura 19)

⁷⁰ LADINES, Miguel; UREÑA, Roberto y RODRIGUEZ, Liliana. Arawanas. En: Producción de peces ornamentales en Colombia. Bogotá D.C. produmedios. 2007, p. 9

Figura 20. Sedación de carpas



4.11.2 Desensibilización de los animales. Cuando los animales se encontraron en sobre- sedación, se procedió con la desensibilización del animal por medio de un corte medular paralelo al límite caudal del opérculo, realizado por medio de bisturí número 4. (Figura 20)

Figura 21. Desensibilización de los animales



Para el proceso anterior se tomó un pez por cada unidad experimental, es decir tres animales por tratamiento

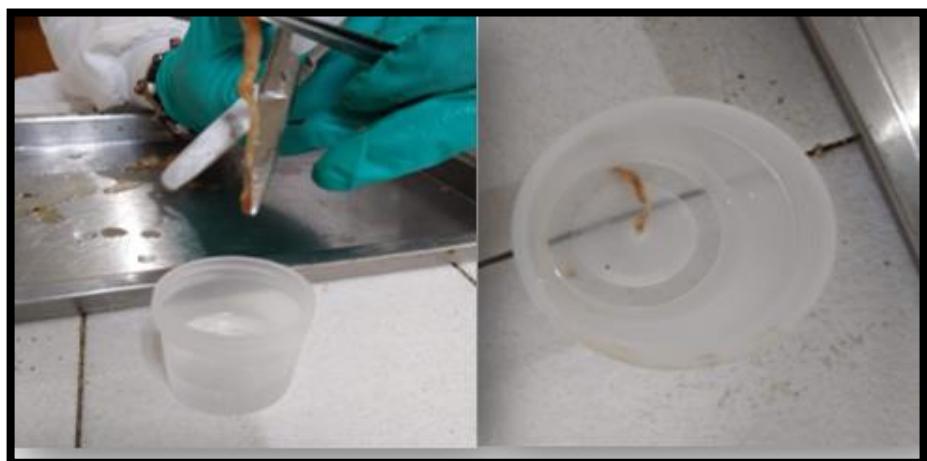
4.11.3 Preparación histológica de la muestra de intestino. Se extrajeron las vísceras de cada uno de los 12 animales a los cuales se les realizó lavados superficiales sucesivos con agua destilada. Cada intestino fue colocado en un recipiente con una capacidad de 50 mL. las vísceras se dejaron por 3 días en los recipientes plásticos con tapa que contenían 25 mL de solución buffer al 10% de concentración (Figura 21)

Figura 22. Preparación de muestras de intestino



Posteriormente, se extrajeron mediante la implementación de bisturí número 4 y tijeras quirúrgicas 12 porciones de intestino anterior para las muestras. Estas fueron conservadas en solución buffer al 10% para realizar su respectiva tinción. (Figura 22)

Figura 23. Preparación de muestras de intestino anterior para tinción



Como lo indica Cornejo⁷¹, en la elaboración de placas el protocolo de la técnica fue: Deshidratación, aclaramiento e imbibición, inclusión de tejido en parafina, corte con micrótomo 6 μm y fijación de tejido en placa, para finalmente teñir con H&E, en

⁷¹ CORNEJO, Jonny. Respuesta morfométrica intestinal en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentada con pellets enriquecidos con probióticos y prebióticos. Colombia 2017.p.33-34. Disponible en internet: http://www.bdigital.unal.edu.co/57272/1/2017_Gibson_Jonny_Cornejo_Due%C3%B1as.pdf

consecuencia, se procesaron 12 muestras siguiendo la metodología de técnica de tinción Hematoxilina y Eosina (H&E) (ANEXO E)

4.12 EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DE VELLOSIDADES INTESTINALES

Para la evaluación morfométrica de las vellosidades intestinales de carpa koi, se analizaron 12 placas histológicas, estas se observaron en los objetivos de 4x y 10x, y se registraron las medidas de alto y ancho con la ayuda del micrómetro. La longitud de las vellosidades intestinales se midió desde la base de la vellosidad hasta el ápice que se encuentra hacia el lumen del órgano y el ancho se tomó desde su parte basal, tomando en promedio 6 vellosidades en los 4 campos del microscopio.

4.13 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y quince repeticiones, considerando la unidad experimental a cada individuo o pez (fase de levante), casualización agrupada con 5 peces y un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, totalizando una población de 60 animales en el proceso

Los tratamientos se evaluaron de la siguiente manera:

T0: Carpas koi alimentadas con balanceado comercial con 32 % de proteína, con harina de vaina de frijol (Control).

T1: Carpas koi alimentadas con balanceado comercial con 32 % de proteína, sustituyendo el 10 % de harina de vaina de frijol

T2: Carpas alimentadas con balanceado comercial con 32 % de proteína, sustituyendo el 20 % de harina de vaina de frijol

T3: Carpas koi alimentadas con balanceado comercial con 32 % de proteína, sustituyendo el 30 % de harina de vaina de frijol

El modelo matemático utilizado se representa bajo la siguiente expresión algebraica⁷²

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} + n_{k(ij)}$$

Dónde:

Y_{ij}: Respuesta de la i-ésima unidad experimental que recibe al j-ésimo tratamiento

μ: Media poblacional

T_i: Efecto del i-ésimo tratamiento del factor T

⁷² SOLARTE, Carlos; GARCÍA, Hernán A y IMUEZ, Marco. Bioestadística: Aplicaciones en producción y salud animal, San Juan de Pasto: Editorial Universitaria – Universidad de Nariño, 2009. p.304

ε_{ij} : Error experimental asociado a la j-ésima unidad sometido al i-ésimo unidad experimental

$n_k(ij)$: Error de censo asociado a la K- ésima unidad experimental

k: Unidad observacional

4.13.1 Formulación de Hipótesis

En la realización de la investigación se planteó las siguientes hipótesis:

$$H_0: T_i = T_j \quad \{ i \neq j \}$$

El suministro de diferentes dietas de alimento con harina vaina de frijol no produce efectos diferentes sobre las variables evaluadas.

$$H_a: T_i \neq T_j \quad \{ i, j = 1, 2, 3, 4 \}$$

Por lo menos una de las dietas con harina de vaina de fríjol suministrado a las carpas koi produce efectos diferentes sobre las variables evaluadas.

4.13.2 Análisis estadístico. Para las variables estudiadas se realizó en análisis de datos para verificar el cumplimiento de los supuestos estadísticos de Normalidad, Homogeneidad de varianzas e independencia. Se encontró que la variable conversión alimenticia, no cumplió los supuestos para pruebas paramétricas, por lo tanto, se optó por realizar una prueba no paramétrica (Kruskall Wallis) y para tasa de crecimiento simple una ANOVA compuesta (Modelos Lineales Generalizados-MLG) y una prueba de Tukey.

4.14 VARIABLES A EVALUAR

4.14.1 Incremento de peso. Es el aumento de peso que presentan los individuos durante el periodo de estudio y es la diferencia entre el peso final y el peso inicial.

$$Ip = Pf - Pi$$

Dónde:

Ip: Incremento de peso

Pf: peso final (g)

Pi: Peso inicial (g)

4.14.2 Incremento de longitud. Es el aumento de longitud que presentan los individuos durante el periodo de estudio y se obtiene mediante la diferencia entre la longitud inicial y la longitud final.

$$It = Tf - Ti$$

Dónde:

It: Incremento de longitud

Tf: Longitud final (cm)

Ti: Longitud inicial (cm)

4.14.3 Tasa de Crecimiento Simple (TCS). Es el aumento de peso, expresado en un porcentaje durante un periodo dado.

$$SGR = \frac{\ln Pf - \ln Pi}{t} * 100$$

Dónde:

Pf: Peso final

Pi: Peso inicial

T: Tiempo de muestreo

4.14.4. Supervivencia. La supervivencia es la relación entre el número de animales vivos y el número de animales totales en porcentaje (%)

$$\text{Supervivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de animales vivos}}{N^{\circ} \text{ de animales totales}} * 100$$

4.14.5 Conversión alimenticia aparente. Es la relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento obtenido al finalizar el periodo de estudio.

$$CA = \frac{\text{Unidades de alimento suministrado}}{\text{unidades de peso producido}}$$

4.14.6 Relación beneficio- costo aparente (RBC). Es el índice que resulta de dividir los beneficios (flujo activo) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$RCB = \frac{B}{C}$$

Dónde:

RCB: Relación benéfico-costo

B: Beneficio

5. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

El contenido nutricional de las dietas experimentales fue determinado según los diferentes porcentajes de concentrado comercial y HVF como materia prima de origen vegetal (ANEXO F), para su posterior evaluación.

5.2 EVALUACIÓN DE VARIABLES

En esta investigación, se estableció los resultados de las variables evaluadas según los objetivos específicos tales como (incremento de peso, incremento de longitud, conversión alimenticia aparente, coeficiente de crecimiento térmico, supervivencia, relación beneficio costo) las cuales describieron el crecimiento de los animales durante los 45 días, de igual manera se logró caracterizar las vellosidades intestinales mediante cortes histológicos, así mismo se realizó el análisis parcial de costos para identificar la viabilidad económica de cada tratamiento; los resultados obtenidos se indican de la siguiente manera.

5.2.1 Peso inicial. La variable peso promedio para el día 0 del experimento, no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO G), como se indica en la siguiente tabla (Tabla 9),

Tabla 9. Resumen estadístico peso inicial (g)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	7,44*	7,50*	7,66*	7,57*
Desviación estándar	1,17	1,06	0,94	0,76
Coeficiente de variación	15,79%	14,15%	12,28%	10,09%

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

5.2.2 Peso final: La variable peso promedio al día 45, registró para el tratamiento T0: $16,87 \text{ g} \pm 4,02$, T1: $13,21 \text{ g} \pm 4,17$, T2: $11,36 \text{ g} \pm 1,80$ y T3: $9,37 \text{ g} \pm 1,12$, encontrando diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO H). Así mismo se observó que estas diferencias se presentaron a partir del censo uno (15 días) entre el tratamiento T0 y T1, de igual manera para el censo 2 (30 días). Para el caso del censo 3, (Tabla 10), las diferencias estadísticas entre los tratamientos encontradas están, según la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95% (ANEXO I).

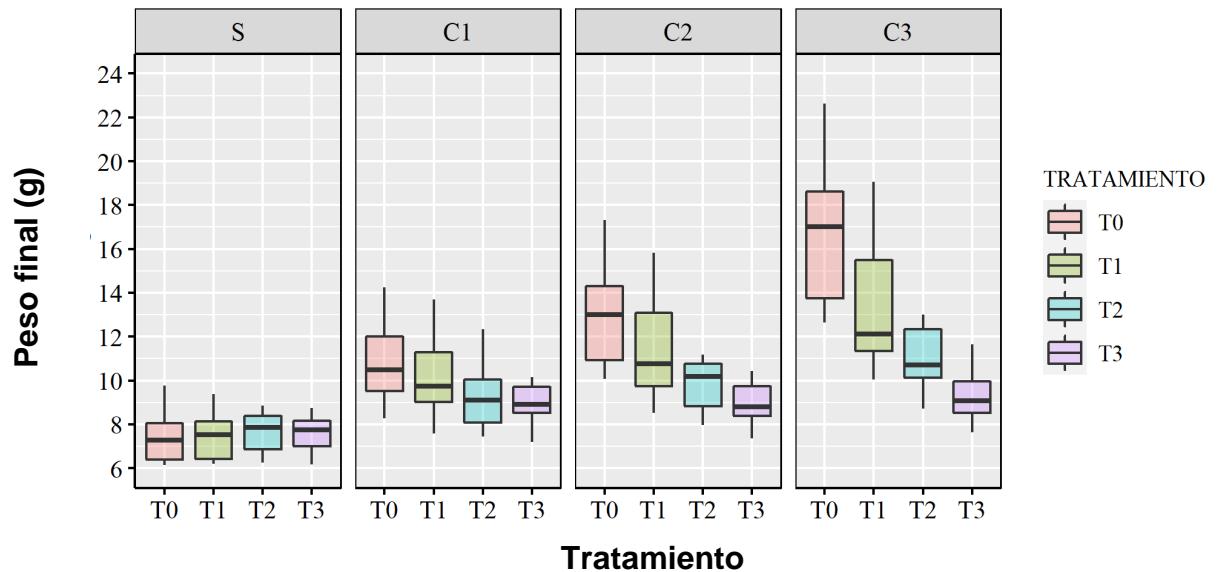
Tabla 10. Resumen estadístico peso final (g)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	16,87 ^a	13,21 ^b	11,36 ^b	9,27 ^c
Desviación estándar	4,02	4,17	1,80	1,12
Coeficiente de variación	23,81%	31,57%	15,86%	12,13%

^{a,b,c} Los superíndices diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T0 y T3 y similitudes entre el tratamiento T1 y T2, el mayor promedio, lo obtuvo el tratamiento T0, seguido por T1, T2 y T3, siendo el T3 el de menor rendimiento durante los 45 días del experimento. Por otro lado, en la (Figura 23) se aprecia el desarrollo de dicha variable durante los censos 1, 2 y 3, finalmente, se evidencia las diferencias estadísticas significativas encontradas según lo expuesto anteriormente.

Figura 24. Comportamiento del peso en los días 1, 15, 30 y 45



Los resultados que se observan en la figura (Figura 24), demuestran que el tratamiento T0: 0% de sustitución HVF, fue el mejor tratamiento y a medida que se hace la sustitución en porcentaje de HVF altera los pesos finales en los animales; lo anterior explica, que altos niveles de HVF afectan el crecimiento de los peces y la capacidad de absorción de nutrientes según Puertas⁷³, como se sustentó

⁷³ PUERTAS, Luis Fernando. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de materias primas alternativas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y sus efectos sobre el desarrollo morfométrico de las vellosidades intestinales. Trabajo de grado Magister en Ciencias Agrarias. Medellín: Universidad

anteriormente, así mismo, la sustitución del balanceado comercial por la HVF, de acuerdo con López⁷⁴, pudo contribuir a disminuir los niveles de proteína de la dieta por lo cual se ve afectada la ganancia de peso.

Los resultados obtenidos se encuentran por encima de los reportados por Hurtado⁷⁵, quien en el estudio Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*), con una duración de 90 días, reportó valores de peso promedio final de 6,13 g ± 2,00.

Por otro lado, Gil y Montoya⁷⁶, quienes desarrollaron ensayos de pigmentación, crecimiento y supervivencia en carpas koi, alimentadas con inclusiones de aceite langostilla roja por un periodo de 60 días obtuvieron un promedio de peso final de 3,9 g ± 1,2, siendo inferiores a los resultados obtenidos por el presente estudio.

5.2.3 Longitud total inicial. La variable longitud total promedio para el día 0 del experimento, no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) , tabla 11 ,(ANEXO J).

Tabla 11. Resumen estadístico longitud inicial (cm)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	7,85*	7,50*	7,81*	8,02*
Desviación estándar	0,51	1,06	0,58	0,39
Coeficiente de variación	6,46%	14,15%	7,43%	4,82%

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

5.2.4 Longitud total final. La variable longitud total promedio al día 45, registró para el tratamiento T0: 10,35 cm ± 0,76, T1: 9,71 cm ± 0,64, T2: 9,02 cm ± 0,61 y T3: 8,67 cm ± 0,36, encontrando diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO K). Así mismo se observó que estas diferencias se presentaron a partir del censo dos (30 días) entre el tratamiento T0 con respecto a los otros tratamientos (T1, T2 y T3). Para el caso del censo 3, las

Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal, 2016. 24 p.

⁷⁴ LÓPEZ. Op. cit., p. 55

⁷⁵ HURTADO, Giraldo. Evaluación de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) En sistemas cerrados de recirculación acuícola. Trabajo de grado para optar al título de biólogo aplicado. Bogotá, D.C: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Programa de biología aplicada, 2016. 8 p.

⁷⁶ GIL, Gloria y MONTOYA, Cinthia. Pigmentación, crecimiento y supervivencia de crías carpa koi (*Cyprinus carpio var. haematopterus*) alimentadas con dietas con inclusiones de aceite de langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*). En: e-Gnosi Revista Digital Científica y Tecnológica. Septiembre, 2015. vol. 13, no.3, p 5

diferencias estadísticas entre los tratamientos se encuentran, según la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95%, (Tabla 12), (ANEXO L).

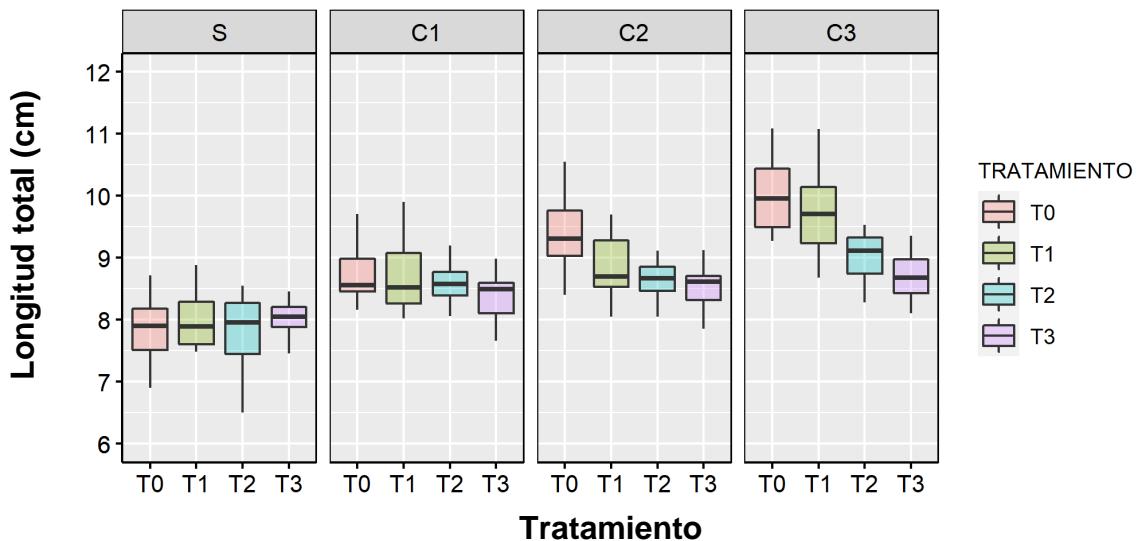
Tabla 12. Resumen estadístico longitud total final (cm)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	10,35 ^a	9,71 ^a	9,02 ^b	8,67 ^b
Desviación estándar	0,76	0,64	0,61	0,36
Coeficiente de variación	7,35%	6,59%	6,59%	4,13%

^{a,b,c} Los superíndices diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

En la tabla 12, los tratamientos T0 y T1 no presentan diferencias estadísticas significativas en la longitud total final al igual que los tratamientos T2 y T3. Además, se observó un aumento diferencial para todos los tratamientos durante los 45 días del experimento. Por otro lado, en la (Figura 24) se aprecia el desarrollo de dicha variable durante los censos 1, 2 y 3, evidenciando diferencias estadísticas significativas encontradas.

Figura 25. Comportamiento longitud total final en los días 1, 15, 30 y 45



Según los análisis estadísticos, el mejor tratamiento fue el tratamiento T0 correspondiente al uso de balanceado comercial en un 100% de la ración, seguido por el tratamiento T1(sustitución del 10% HVF), para el caso de los tratamientos T2:20% y T3:30%, reportaron los valores más bajos en la variable. Lo anterior explica, que altos niveles de HVF pueden contribuir a disminuir el porcentaje de

proteína en la dieta lo cual afectan la longitud de los animales según López⁷⁷, igualmente Puertas⁷⁸, explica que los altos niveles de HVF afectan la capacidad de absorción de nutrientes por ende el crecimiento de los peces.

Los resultados obtenidos se encuentran por encima de los reportados por Hurtado⁷⁹ quien en el estudio Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*), con una duración de 90 días, reportó valores de Longitud total promedio de $7,1 \text{ cm} \pm 0,8$.

De igual manera el mismo autor en el segundo ensayo de la investigación obtuvo valores de longitud total promedio de $8,2 \text{ cm} \pm 0,8$, en un tiempo de 90 días, siendo estos resultados menores a los obtenidos en la presente investigación.

5.2.5 Longitud estándar inicial. La variable longitud estándar promedio para el día 0 del experimento, no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$), (Tabla 13), (ANEXO M)

Tabla 13. Resumen estadístico longitud estándar inicial (cm)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	6,34*	6,38*	6,18*	6,35*
Desviación estándar	0,38	0,56	0,37	0,28
Coeficiente de variación	7,79%	7,77%	5,41%	3,99%

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

5.2.6 Longitud estándar final. La variable longitud estándar promedio al día 45, registró para el tratamiento T0: $8,19 \text{ cm} \pm 0,64$, T1: $7,73 \text{ cm} \pm 0,60$, T2: $7,35 \text{ cm} \pm 0,40$ y T3: $6,87 \text{ cm} \pm 0,27$, encontrando diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO N). Así mismo se observó que estas diferencias se presentaron a partir del censo uno (15 días) entre el tratamiento T0 y T3. Para el caso del censo 3, las diferencias estadísticas entre los tratamientos se encuentran según la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95% (ANEXO O), de la siguiente manera. (Tabla 14).

⁷⁷ LÓPEZ. Op. cit., p. 55

⁷⁸ PUERTAS. Op. cit., p. 25

⁷⁹ HURTADO. Op. cit., p. 8

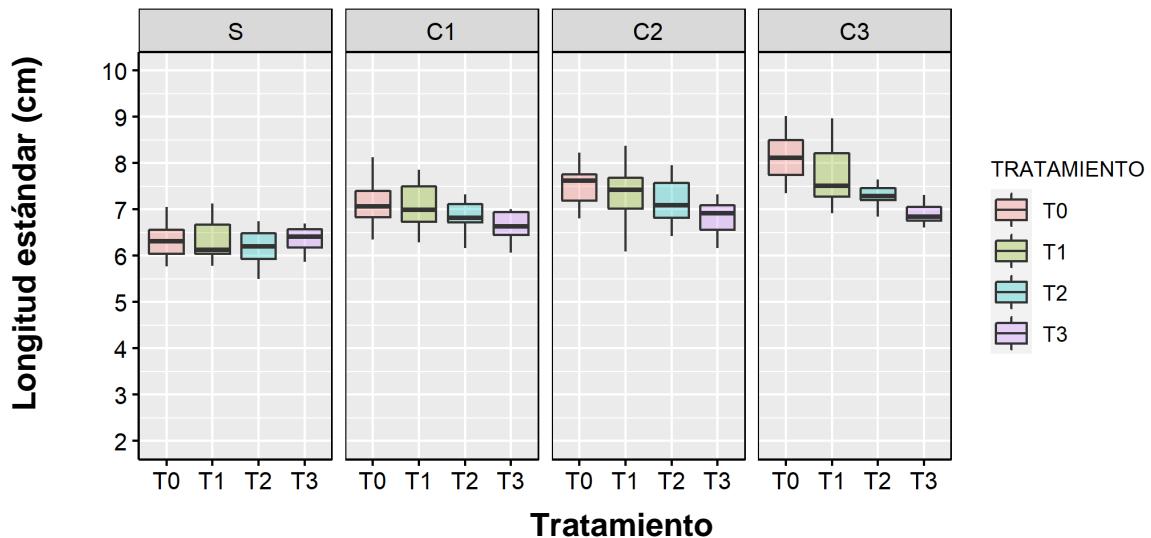
Tabla 14. Resumen estadístico longitud estándar final (cm)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	8,19 ^a	7,73 ^{a,b}	7,35 ^b	6,87 ^c
Desviación estándar	0,64	0,60	0,40	0,27
Coeficiente de variación	7,35%	6,59%	6,59%	4,13%

^{a,b,c} Los superíndices diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Para esta variable, el mayor promedio lo obtuvo el tratamiento T0, seguido por T1, T2 y T3. El tratamiento T1 no presenta diferencias estadísticas significativas con los tratamientos T0 y T2, el T0 presenta diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento T2 y el tratamiento T3 es diferente a los demás. Además, se observó un aumento diferencial para todos los tratamientos durante los 45 días del experimento. Por otro lado, en la (Figura 25) se aprecia el desarrollo de dicha variable durante los censos 1, 2 y 3, evidenciando diferencias estadísticas significativas .

Figura 26. Comportamiento longitud estándar final en los días 1, 15, 30 y 45



Los resultados para la variable longitud estándar final, permiten evidenciar que el tratamiento T0 es el mejor tratamiento y al realizar la sustitución de la HVF se presentan disminución en los valores, esto se explica según lo expuesto Puertas⁸⁰ y L pez⁸¹, en donde afirman que la HVF puede influir en el incremento de longitud.

⁸⁰ PUERTAS. Op. cit., p. 25

⁸¹ LÓPEZ. Op. cit., p. 55

Los resultados obtenidos se encuentran por encima de los reportados por Hurtado⁸² quien en el estudio Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*), con una duración de 90 días, reportó valores de longitud estándar promedio de 6,6 cm ± 0,7 en sus dos ensayos.

Así mismo Gil y Montoya⁸³, en su ensayo sobre la pigmentación, crecimiento y supervivencia en carpas koi, alimentadas con inclusiones de aceite langostilla roja por un periodo de 60 días, registraron valores de longitud estándar promedio de 6,07 cm ± 0,6, siendo estos resultados inferiores a los registrados en la presente investigación.

5.2.7 Incremento de peso. La variable incremento de peso, no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO P). Al día 45 registró el mayor incremento en el tratamiento, T0: (3,14 g ± 0,91) seguido del tratamiento T1 con (1,90 g ± 0,63) y los menores incrementos se obtuvieron en los tratamientos T2 y T3 con (1,23 g ± 0,55) y (0,57 g ± 0,70 g) respectivamente (Tabla 15, Figura 26).

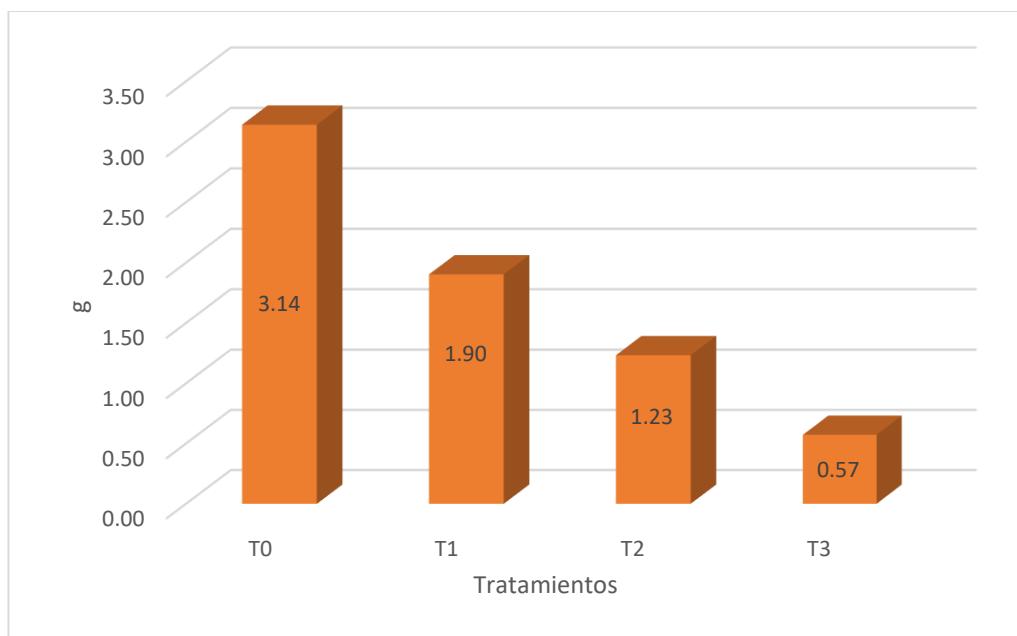
Tabla 15. Resumen estadístico incremento de peso (g)

Incremento de peso (g/día)				
	T0	T1	T2	T3
Media	0,22	0,14	0,09	0,04
Desviación estándar	0,06	0,05	0,04	0,05
Coeficiente de variación	0,29	0,33	0,44	1,22
Incremento de peso (g/quincenal)				
Media	3,14	1,90	1,23	0,57
Desviación estándar	0,91	0,63	0,55	0,70
Coeficiente de variación	0,29	0,33	0,44	1,22

⁸² HURTADO.Op.cit., p. 8

⁸³ GIL y MONTOYA. Op.cit., p. 9

Figura 27. Incremento de peso por tratamiento quincenal



Los resultados obtenidos se encuentran por debajo a lo señalado por López y Vásquez⁸⁴, quienes en el estudio evaluación de diferentes proporciones de energía / proteína en dietas para juveniles de carpa koi (*Cyprinus carpio*), durante 45 días obtuvieron incrementos de peso diarios de 0,6 g/día.

López⁸⁵, explica que las proteínas constituyen el mayor componente de los tejidos orgánicos, llegando a representar hasta el 75% con base en materia seca. Los animales deben consumir una adecuada cantidad de proteínas con el fin de llenar requerimientos de aminoácidos, ya que estos son continuamente usados por el animal, bien sea para formar tejidos nuevos, como sucede en el crecimiento y reproducción, o para reparar el desgaste normal de los mismos. Por lo cual la proteína debe ser similar a la del individuo en estudio, en los resultados de la investigación se evidencia la alteración en cuanto a la variable del incremento de peso por la utilización de una proteína diferente a la de la carpa koi (proteína animal), como se evidencia en la Figura 27

⁸⁴ LÓPEZ. Yudy y VÁSQUEZ, Walter. Evaluación de diferentes proporciones de energía / proteína en dietas para juveniles de carpa koi (*Cyprinus carpio*). En: Revista Orinoquia. 2004. vol.8, no. 1, p. 10

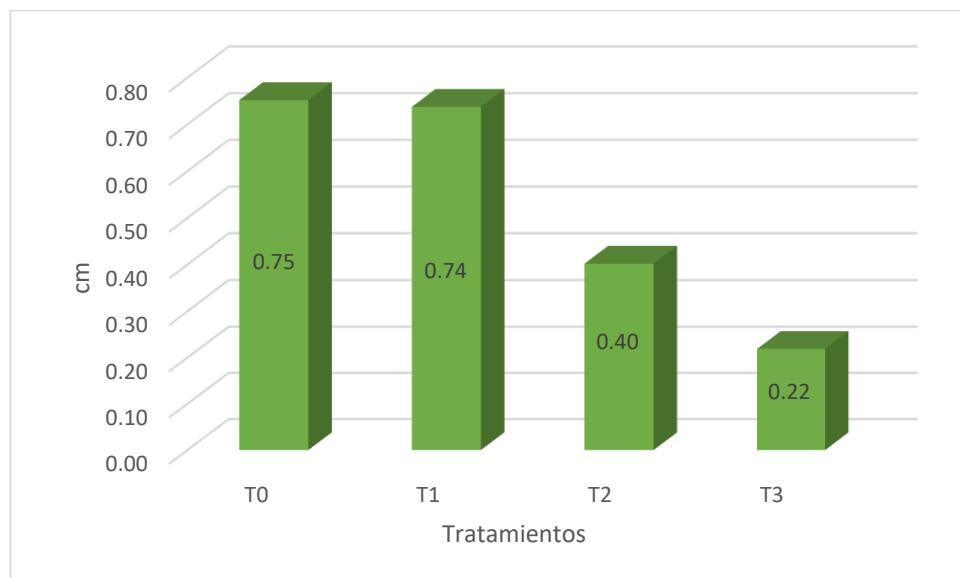
⁸⁵ LÓPEZ. Op. cit., p. 55

5.2.8 Incremento de longitud total. La variable incremento de longitud total, no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO Q). Al día 45 registró el mayor incremento en el tratamiento T0: $0,75 \text{ cm} \pm 0,17$, seguido del tratamiento T1 con $0,74 \text{ cm} \pm 0,51$ y los menores incrementos se obtuvieron en los tratamientos T2 y T3 con $0,40 \text{ cm} \pm 0,37$ y $0,22 \text{ cm} \pm 0,15$ respectivamente (Tabla 16, Figura 27)

Tabla 16. Resumen estadístico incremento de longitud total (cm)

Incremento de longitud (cm/día)				
	T0	T1	T2	T3
Media	0,05	0,05	0,03	0,02
Desviación estándar	0,01	0,04	0,03	0,01
Coeficiente de variación	0,23	0,69	0,92	0,70
Incremento de longitud (cm/quincenal)				
Media	0,75	0,74	0,40	0,22
Desviación estándar	0,17	0,51	0,37	0,15
Coeficiente de variación	0,23	0,69	0,92	0,70

Figura 28. Incremento de longitud total por tratamiento.



Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los determinados por Corrêia⁸⁶, quien realizó la inclusión de fuentes energéticas vegetales como: avena descascarillada, salvado de arroz y salvado de trigo en carpa común; quien reportó incrementos de longitud total diarios de 0,23 cm, durante 60 días.

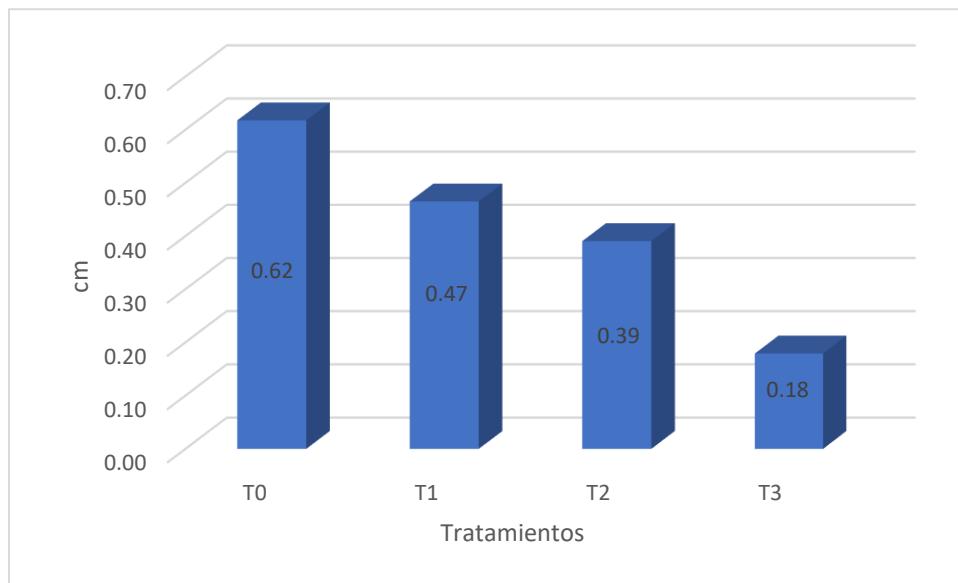
5.2.9 Incremento de longitud estándar. La variable incremento de longitud estándar, presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO R). Al día 45 registró el mayor incremento en el tratamiento T0: 0,62 cm ± 0,27, seguido del tratamiento T1 con (0,47 cm ± 0,26) y los menores incrementos se obtuvieron en los tratamientos T2 y T3 con (0,39 cm ± 0,50) y (0,18 cm ± 0,13) respectivamente (Tabla 17, Figura 28).

Tabla 17. Resumen estadístico incremento de longitud estándar (cm)

Incremento de longitud (cm/día)				
	T0	T1	T2	T3
Media	0,04	0,03	0,03	0,01
Desviación estándar	0,02	0,02	0,04	0,01
Coeficiente de variación	0,44	0,57	1,27	0,71
Incremento de longitud (cm/quincenal)				
Media	0,62	0,47	0,39	0,18
Desviación estándar	0,27	0,26	0,50	0,13
Coeficiente de variación	0,44	0,57	1,27	0,71

⁸⁶ CORRÊIA, V. Fontes energéticas vegetais para juvenis de jundiá e carpa. En: Revista electrónica Scielo. 2015. vol. 64, no. 3, p. 4

Figura 29. Incremento de longitud estándar por tratamiento



Los resultados obtenidos en este ensayo se encuentran por debajo a los señalados por Carrascal y Mesa⁸⁷, quienes realizaron dos experimentos (M1 y M2) con 5 sistemas de recirculación por un periodo de 90 días cada uno, reportando incrementos de longitud estándar diarios de 0,06 cm.

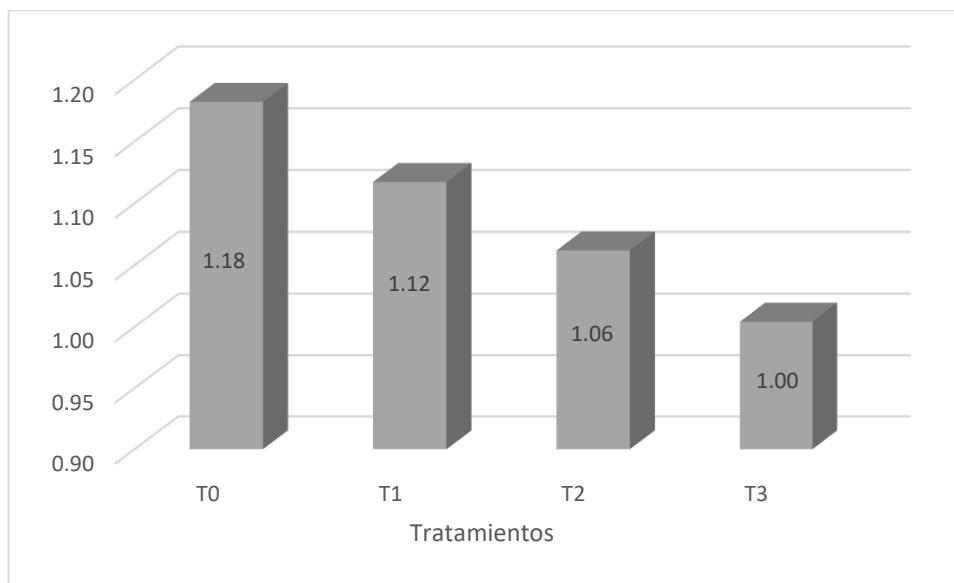
5.2.10 Tasa de Crecimiento Simple. La variable tasa de crecimiento simple, registró al día 45 para el T0 ($1,18\% \pm 0,14$), T1 ($1,12\% \pm 0,14$), T2 ($1,06\% \pm 0,07$) y T3 ($1,00\% \pm 0,05$); como se evidencia en Tabla 18 y Figura 29. El análisis de varianza ($p<0,05$) (ANEXO S) indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T0, T1 y T2, siendo diferente el tratamiento T3.

Tabla 18. Resumen estadístico tasa de crecimiento simple (%)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	1,18 ^a	1,12 ^{a, b}	1,06 ^{a, b}	1,00 ^b
Desviación estándar	0,14	0,14	0,07	0,05
Coeficiente de variación	0,12	0,13	0,07	0,05

⁸⁷ CARRASCAL, Jesús y MESA, Ana. Levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) en sistemas cerrados de recirculación, bajo condiciones de laboratorio. En: Revista Facultad de Ciencias Básicas. Julio, 2016. vol. 12, no. 2, p. 2

Figura 30. Tasa de crecimiento simple



Los valores registrados en esta investigación están por encima a los reportados por Carrascal⁸⁸, quien calculó tasas de crecimiento simple para Carpa común (*Cyprinus carpio*) por 120 días, donde los primeros dos meses de cultivo la alimentación fue a base de alimento extruido (40 % proteínas), y del tercer al cuarto mes se suministró alimento de crecimiento (30 % de proteínas) donde encontraron TCS promedio de 1,03% y 0,16% respectivamente. La carpa presenta una menor tasa de crecimiento debido a que es una especie que generalmente es criada para uso ornamental.

Por otro lado, el crecimiento de los peces en relación a la temperatura se evaluó mediante el coeficiente de crecimiento térmico.

5.2.11 Coeficiente de crecimiento térmico (CCT). La variable coeficiente de crecimiento térmico (CCT) no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO T); referente al crecimiento según la temperatura al día 45 los animales registraron para el tratamiento T0 ($0,000570 \pm 6,19 \times 10^{-5}$), T1 ($0,00037 \pm 1,34 \times 10^{-5}$), T2 ($0,00025 \pm 8,25 \times 10^{-5}$) y T3 ($0,00013 \pm 3,07 \times 10^{-5}$), como se muestra en la Tabla 19, (ANEXO U):

⁸⁸ CARRASCAL. Op. cit., p. 7

Tabla 19. Resumen estadístico CCT

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	0,57 x10 ⁻⁰³	0,37 x10 ⁻⁰³	0,25 x10 ⁻⁰³	0,13 x10 ⁻⁰³
Desviación estándar	6,19 x10 ⁻⁰⁵	1,34 x10 ⁻⁰⁵	8,25 x10 ⁻⁰⁵	3,07 x10 ⁻⁰⁵
Coeficiente de variación	1,08 x10 ⁻⁰¹	3,55 x10 ⁻⁰²	3,22 x10 ⁻⁰¹	2,35 x10 ⁻⁰¹

Los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los reportados por Kaushi⁸⁹, quien en su investigación de bioenergética nutricional reporta valores de coeficiente de crecimiento térmico para varias especies, entre ellas para carpa común con un rango entre $0,95 - 1,57 \times 10^{-3}$. Los resultados anteriores se generan con temperaturas entre 25 y 30°C que son óptimas para la especie, la temperatura utilizada en esta investigación fue de 22° C y está por debajo de los rangos ideales para la misma.

5.2.12 Supervivencia. Se presentó una supervivencia del 100% durante los 45 días del experimento para los cuatro tratamientos, de acuerdo con Gutiérrez⁹⁰, lo anterior se explica por las adecuadas condiciones de calidad de agua y el buen manejo a las unidades experimentales que se mantuvieron en cada uno de los acuarios a lo largo del experimento. Además de la calidad biológica de las dietas implementadas, lo cual asegura un adecuado aporte de nutrientes durante toda la etapa de alimentación.

5.2.13 Conversión alimenticia aparente. La variable conversión alimenticia aparente, al día 45, presentó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los diferentes tratamientos, según la prueba de Bonferroni y Kruskall Wallis (ANEXO V). La conversión alimenticia aparente para el tratamiento fue de T0 ($1,80 \pm 0,62$), para el tratamiento de T1 ($2,93 \pm 1,26$), tratamiento T2 ($3,95 \pm 1,62$) y para el tratamiento T3 ($3,09 \pm 0,76$). (Tabla 20, Figura 30).

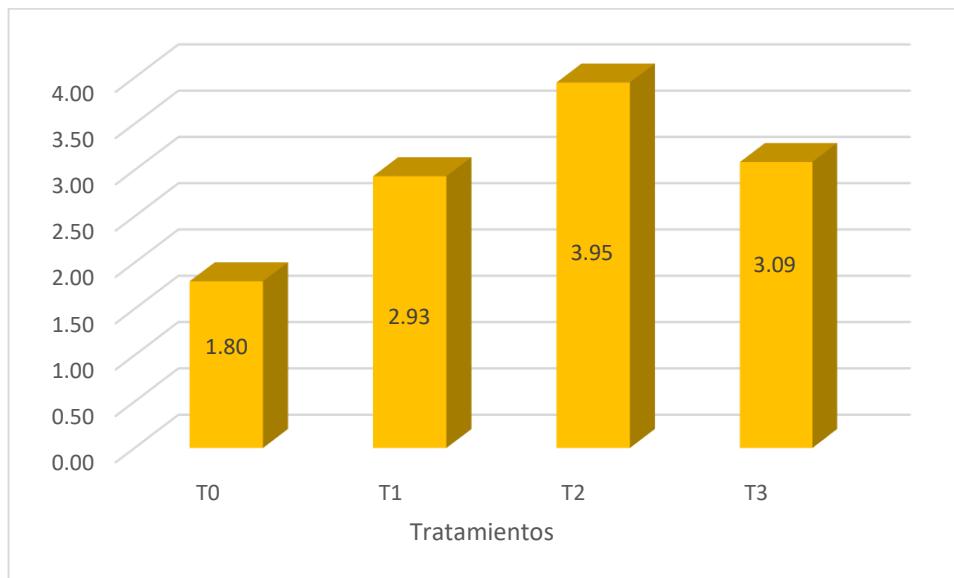
⁸⁹ KAUSHI, Sadasivam. Bioenergética nutricional y estimación de la producción de residuos en no salmónidos Bioenergética nutricional y estimación de la producción de residuos enno salmónidos. En : Revista electrónica ScienceDirect. Agosto,1998. vol.11, no 4, p. 4

⁹⁰ GUTIERREZ, Nathalia. Calidad del agua en la acuacultura. [en línea]. Hidalgo, México. Universidad de Jalisco,18 Julio 2015. [citado 13 diciembre 2020]. Disponible en internet: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>

Tabla 20. Conversión alimenticia aparente

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	1,80	2,93	3,95	3,09
Desviación estándar	0,62	1,26	1,62	0,76
Coeficiente de variación	0,35	0,43	0,41	0,25

Figura 31. Conversión alimenticia aparente



Estos resultados son similares a los reportados por Ramos⁹¹, quien en el estudio Crianza experimental de (*Cyprinus carpio*) variedad “carpa koi”, encontró una conversión alimenticia de 3,13. La conversión alimenticia más baja fue para el tratamiento testigo T0 $1,80 \pm 0,62$, correspondiente a una dieta comercial del 30% de proteína. Esto indica que la sustitución de diferentes porcentajes de HVF afecta el rendimiento productivo de la especie, así mismo los beneficios de las dietas experimentales son inferiores a los que se reportan con dietas comerciales de alta proteína y alto costo.

⁹¹ RAMOS, Andreina. Crianza experimental de *Cyprinus carpio* variedad “carpa koi” en condiciones de laboratorio. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo pesquero. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas. 2015. 18 p.

5.3 MORFOLOGÍA DEL INTESTINO ANTERIOR DE CARPA KOI

5.3.1 Altura de vellosidades iniciales. La altura de las vellosidades para el día 0 del experimento no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO W), como se indica en la siguiente tabla (Tabla 21).

Tabla 21. Resumen estadístico altura de vellosidades iniciales (μ)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	2,38*	2,11*	1,98*	2,10*
Desviación estándar	0,49	0,17	0,17	0,27
Coeficiente de variación	0,21	0,08	0,09	0,13

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

5.3.2 Altura de vellosidades finales. La altura de las vellosidades al día 45, registra diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO X). Así mismo se observó que estas diferencias se presentaron entre los tratamientos T0- T2, T0- T3 y T2- T3 al finalizar la investigación. (Tabla 22) según prueba de Tukey (ANEXO Y)

Tabla 22. Resumen estadístico altura de vellosidades finales (μ)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	2,35 ^a	1,61 ^{a, b}	1,61 ^b	1,07 ^c
Desviación estándar	0,32	0,27	0,27	0,21
Coeficiente de variación	0,13	0,17	0,17	0,20

a.b.c Los superíndices diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$)

Los resultados de esta investigación reportan una disminución en la altura de las vellosidades intestinales, donde en el T0 pasan de 2,38 a 2,35 μ , en el T1 pasan de 2,11 a 1,61 μ , en el T2 pasan de 1,98 a 1,68 μ y en el T3 pasan de 2,10 a 1,70 μ . El tratamiento T3 presentó diferencias estadísticas significativas con referente a los otros tratamientos, pues es el tratamiento con el mayor porcentaje de sustitución de HVF. Esto se asemeja al estudio de Richter, citado por Puerta⁹², sometiendo a juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) a una alimentación con diferentes inclusiones de botón de oro y Cratylia; donde se presentó una disminución de 6,37 a 5,61 μ en los tratamientos con inclusión de botón de oro, mientras en los tratamientos con Cratylia se presentó una disminución de 6,37 a

⁹² PUERTAS. Op. cit., p. 38

5,64 μ . Lo anterior demuestra la disminución en el crecimiento de las vellosidades, sobre todo, en las primeras etapas en las que los animales comienzan a recibir la dieta, efecto generado por la adaptación del intestino y sus vellosidades a la nueva materia prima que contiene el alimento.

5.3.3. Ancho de vellosidades iniciales. El ancho de las vellosidades para el día 0 del experimento no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO Z) como se indica en la Tabla 23.

Tabla 23.Resumen estadístico ancho de vellosidades iniciales (μ)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	1,11*	0,79*	0,93*	1,28*
Desviación estándar	0,31	0,18	0,13	0,46
Coeficiente de variación	0,28	0,23	0,14	0,36

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

5.3.4 Ancho de vellosidades finales. El ancho de las vellosidades para el día 45 del experimento no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (ANEXO AA), como se indica en la Tabla 24.

Tabla 24.Resumen estadístico ancho de vellosidades finales (μ)

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Media	1,17*	0,76*	0,78*	0,62*
Desviación estándar	0,24	0,23	0,29	0,19
Coeficiente de variación	0,20	0,30	0,37	0,31

* no denota una diferencia estadísticamente significativa.

El ancho de las vellosidades intestinales no registro ningún cambio significativo durante el periodo experimental.

Las evidencias fotográficas de las vellosidades iniciales y finales se presentan en el (ANEXO BB). El registro de los datos obtenidos tanto de alto y ancho de las vellosidades se reportan en el (ANEXO CC)

5.4 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

Según Meneses y Paz ⁹³, la calidad del agua, es un punto crítico en el proceso de producción y debe ser controlada en los parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos deben ser mantenidos dentro de los rangos aceptables para el buen desarrollo de los organismos. En caso contrario, la población en estudio podría tener bajo crecimiento, proliferación de patógenos con brotes de enfermedad, eventuales mortalidades y baja calidad del producto final. Los parámetros fisicoquímicos fueron similares según el análisis de varianza ($p > 0,05$), (ANEXO BB), para los tratamientos durante los 45 días de periodo experimental. Las condiciones físicoquímicas del experimento se indican en la tabla (Tabla 25)

Tabla 25. Parámetros fisicoquímicos promedios entre tratamientos

Tratamiento	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L O ₂)	pH
T0	22,77	2,59	6,73
T1	22,94	2,60	6,67
T2	22,94	2,65	6,65
T3	22,89	2,64	6,63

5.4.1 Temperatura. Se registraron temperaturas promedio de $22,77\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,83$ durante el periodo de estudio (ANEXO CC). Estos valores son relativamente más bajos a los reportados por Yamamoto⁹⁴ , quien estableció rangos de valores óptimos entre los 25° a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.2 Oxígeno. Los valores de oxígeno se mantuvieron en un promedio de $2,6\text{ mg/L} \pm 0,36$ (ANEXO DD). Estos valores durante el periodo experimental no se encontraron dentro del requerimiento óptimo para la especie, debido a que el sistema necesita instalaciones adicionales para aumentar la concentración de oxígeno. Carrascal⁹⁵ , comprobó que carpas koi en etapa de levante crecen en sistemas cerrados de recirculación de agua con un promedio de oxígeno disuelto igual o mayor a 3 mg/L .

5.4.3 Potencial de Hidrogeniones - pH. El pH promedio de los tratamientos se mantuvo estable entre $6,6$ y $6,7$ (ANEXO EE). Los valores obtenidos para este parámetro se encuentran de acuerdo a los reportados por Carrascal⁹⁶, quien recomienda un rango de pH entre 6 y 8 .

5.5. Relación beneficio costo (RBC). Este análisis se efectuó teniendo en cuenta los costos de las diferentes dietas experimentales, buscando como alternativa la

⁹³ MENESES y PAZ. Op. cit., p. 69

⁹⁴ YAMAMOTO. Op. cit., p. 221

⁹⁵ CARRASCAL. Op. cit., p. 9

⁹⁶ Ibíd., p. 9

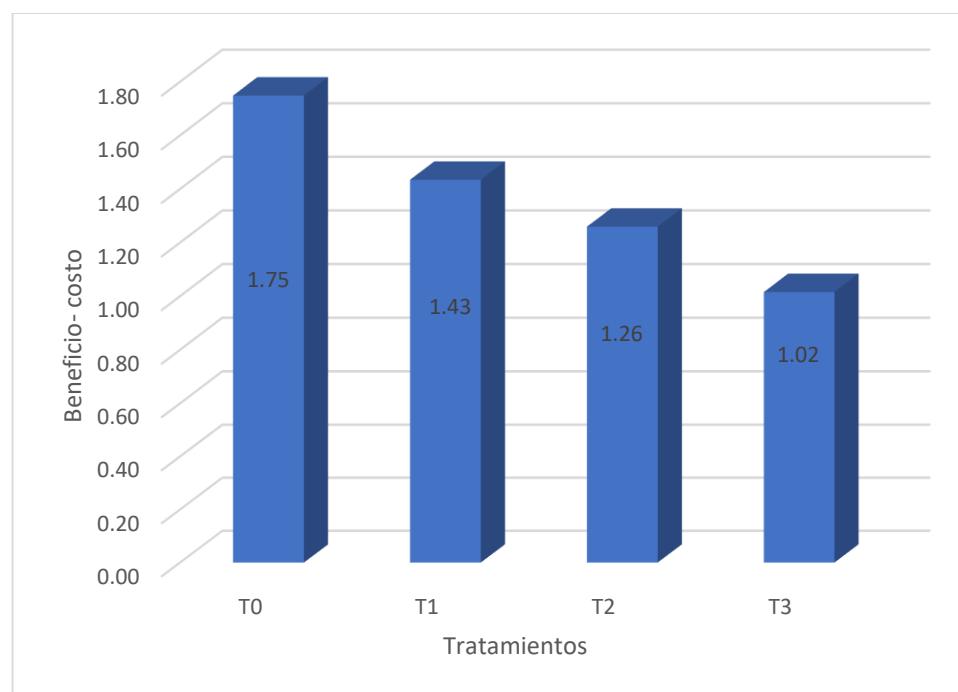
sustitución de HVF en la alimentación de carpas koi. Para este efecto se consideraron los costos de juveniles de carpa koi, los gastos generados por el sistema de recirculación y mano de obra en la fabricación de los tratamientos. (Tabla 26)

Tabla 26. Análisis parcial de costos

DETALLE	COSTOS FIJOS (\$)			
Precio animales (g)	400			
KW hora bomba	743			
KW hora blower	6075			
Alimentación	25000			
Mantenimiento	56250			
COSTOS VARIABLES (\$)				
	T0 (0% HVF)	T1 (10% HVF)	T2 (20% HVF)	T3 (30% HVF)
Precio concentrado (g)	3	2,7	2,4	2,1
Alimento consumido (g)	53,76	53,76	53,28	53,28
ANALISIS ECONÒMICO				
RUBRO (\$)	T0 (0% HVF)	T1 (10% HVF)	T2 (20% HVF)	T3 (30% HVF)
Alimento (g)	161	145	128	112
Animales	6000	6000	6000	6000
Recirculación	9375	9375	9375	9375
Energía	6818	6818	6818	6818
Operarios	81250	81250	81250	81250
TOTAL EGRESOS (\$)	103604	103588	103570	103554
TOTAL INGRESOS (\$)	181169	148582	130442	105171
RELACIÓN BENEFICIO COSTO				
RBC (TI/TE)	1,75	1,43	1,26	1,02

La relación beneficio- costo estimada fue para el T0: 1,75, T1:1,43, T2:1,26 y T3: 1,02. Los tratamientos con mejor relación beneficio costo fueron T0 sin sustitución del concentrado con HVF y el T1 que tiene una sustitución del 10%, esto demuestra la viabilidad económica de utilizar la harina de vaina de frijol en la actividad acuícola en producción ornamental. La utilización de desechos agrícolas permite desplazar otras materias primas de los concentrados que son de alto costo, haciendo más rentable la elaboración del alimento de una forma más amigable con el medio ambiente. (Figura 31).

Figura 32. Relación Beneficio- Costo



Los gastos realizados para los tratamientos T0 y T1, incluyen el balanceado comercial al 32% de proteína y el transporte de la vaina de frijol. La sustitución de la HVF al 10 % en el balanceado demuestra los beneficios económicos que trae la sustitución parcial de una materia prima de origen vegetal sin afectar las variables productivas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El porcentaje de sustitución de harina de vaina de frijol, tiene un efecto estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95% sobre el peso en carpa koi, demostrando que un 10%, 20% y 30% de sustitución, tendrá un comportamiento diferente al tratamiento control. No se presentó ninguna diferencia estadística entre T1 y T2, pudiendo utilizar la sustitución del 10% de harina de vaina de frijol como opción para la alimentación de carpa koi.

En la variable longitud total no se presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T0 y T1, demostrando la efectividad del tratamiento T1 con un porcentaje de confiabilidad del 95%.

En la variable longitud estándar no se encontraron efectos estadísticamente significativos entre los tratamientos T0 y el T1 con un nivel de confianza del 95%, pudiendo utilizar la sustitución del 10% de harina de vaina de frijol en la producción de la especie carpa koi.

Para las variables incremento de peso, incremento de longitud y relación beneficio-costo el mejor tratamiento con inclusión de HVF es el tratamiento T1 después del tratamiento control T0: siendo este una excelente alternativa para ser utilizado en la alimentación de la fase de levante de la carpa koi durante los primeros 15 días levante como se evidencia en el primer censo del experimento.

La variable tasa de crecimiento simple no presenta diferencias estadísticas significativas en los tratamientos T0, T1 y T2, a diferencia del tratamiento T3, que presenta diferencias significativas, se destaca que T3 es el que mayor porcentaje de sustitución de harina de vaina de frijol.

La variable coeficiente de crecimiento térmico no presento diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos pues es una variable que mide el crecimiento de los peces en relación a la temperatura y este fue un parámetro que se mantuvo constante a lo largo de todo el experimento.

La tasa de crecimiento simple, no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T1 y T2 siendo el T0 y T3 diferentes con un 95% de confiabilidad, siendo estas las más eficientes para la producción de esta especie.

La conversión alimenticia aparente, presentó diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos, siendo las más eficientes T0 y T1. Esto demuestra que a mayor porcentaje de sustitución de HVF mayor será la conversión alimenticia.

La supervivencia en los cuatro tratamientos fue del 100%, lo cual demuestra la capacidad de adaptación de la especie a la sustitución de harina de vaina de frijol en el concentrado comercial y a las condiciones del experimento.

La inclusión de HVF, en dietas experimentales para carpa koi tuvo un efecto negativo en cuanto a la altura de las vellosidades intestinales, demostrando que el uso de materias primas de origen vegetal, con alto contenido fibroso acorta las vellosidades y por ende la velocidad de absorción de los nutrientes, lo que ejerce un efecto directo en el aprovechamiento de los nutrientes, interfiriendo con el crecimiento y desarrollo normal del pez.

El ancho de las vellosidades intestinales de las carpas koi alimentadas con sustitución de harina de vaina de frijol no presentan ninguna variación, lo que se verifica con los resultados estadísticamente similares para todos los tratamientos. Se encontró un efecto negativo del nivel de sustitución de HVF, en las dietas experimentales para carpa koi sobre el ancho de las vellosidades intestinales en todos los tratamientos.

Los parámetros fisicoquímicos registrados durante el experimento, no presentaron diferencias estadísticas significativas, es por ello que estos no fueron un causal de alteración para los resultados obtenidos.

La HVF en porcentajes iguales o inferiores al 10% y en periodos cortos, es una excelente alternativa para la sustitución parcial de materias primas y disminución en costos de producciones de carpa, igualmente es una excelente alternativa para el manejo de residuos agrícolas y la disminución en costos de producciones de carpa, igualmente es una excelente alternativa para el manejo de residuos agrícolas y la disminución de carga contaminante que genera este residuo.

6.2 RECOMENDACIONES

Promover la utilización de la vaina de frijol utilizando la metodología descrita en esta investigación, para reducir los costos de producción y evitar la contaminación ambiental.

Evaluar esta materia prima a gran escala en la etapa de levante en la producción de carpa koi y en diferentes especies ornamentales.

A pesar de la importancia que la carpa koi tiene para la producción ornamental, hace falta dedicar más esfuerzos investigativos a la búsqueda de materias primas alternativas y proponerlas para la elaboración de alimentos balanceados de buena calidad.

Son necesarios experimentos de consumo de las materias primas incluidas en dietas comerciales, durante tiempos más largos, para evidenciar los cambios adaptativos a los ingredientes; además del estudio completo de las composiciones de dichas materias primas para que, a la hora de ser sustituidas en una formulación sea experimental o comercial, se cuente con la información adecuada y se pueda obtener el mayor provecho posible de su sustitución, además de determinar cambios adaptativos a su morfología intestinal.

Es importante realizar investigaciones sobre el potencial que tiene la especie carpa koi manejando sus valores óptimos en cuanto a calidad de agua y para cada fase de crecimiento.

Realizar un análisis de digestibilidad a los tratamientos donde se sustituyó un porcentaje de harina de vaina de frijol, para determinar la asimilación de esta materia prima en la especie.

Realizar esta investigación con una especie de carpa la cual tenga un hábito alimenticio herbívoro con el fin de determinar el grado de asimilación de la materia prima.

Realizar un pretratamiento a la vaina de frijol, ya que tiene un gran potencial nutricional y puede ser asimilada mejor por una especie más herbívora o por un pez con un sistema digestivo más desarrollado.

Se recomienda utilizar los residuos agrícolas para la alimentación de especies acuáticas con el fin de disminuir la contaminación generada por el manejo de estos residuos.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACUACHE. Pablo. Evaluación de dietas con diferentes niveles de *Artrospora platensis* “espirulina” sobre el crecimiento y la sobrevivencia de postlarvas de *Cyprinus Carpio* “carpa”. En: Revista electrónica Scielo. Mayo, 2017. vol. 10, no. 2, p. 4

Agencia de Desarrollo Rural (ADR). Plan Integral de desarrollo Agropecuario y rural con enfoque territorial – Departamento de Nariño.2019

ARIAS RESTREPO, J. H; MARTÍNEZ, T.R y JARAMILLO CARMONA, M. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) En la producción de fríjol voluble. Medellín (Colombia): CTP Print Ltda, 2007. p. 168. ISBN 978-92-5-305827-3.

CARRASCAL, Armando. Evaluación de la etapa de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Trabajo de grado: Biólogo aplicado. Facultad de ciencias. Bogotá, Colombia. 2011.p.8.

CARRASCAL, Jesús y MESA, Ana. Levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) en sistemas cerrados de recirculación, bajo condiciones de laboratorio. En: Revista Facultad de Ciencias Básicas. Julio, 2016. vol. 12, no. 2, p. 2

CASTELLANOS, Fernan y GRANADOS, Helda. La carpa herbívora triploide (*Ctenopharyngodon idella*) como medio de control de malezas acuáticas. Bogotá D.C., 1999.

CERDÁ, Jover. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en pscicultura mediante un modelo bioenergetico. [en linea] Universidad Politécnica de Valencia. 2015. [citado 25 agosto 2019]. Disponible en internet: <https://pdfs.semanticscholar.org/7480/ff12597502afcb6bf63a2eb0a818d0ab40be.pdf?ga=2.153410367.625776239.1570317758-1233255757.1570317758>

CONTRERAS, Santiago. Escaldado de alimentos: Proceso, tipo, ventajas y desventajas. [en línea]. Feb. 2019 [citado 8 jun., 2020]. Disponible en internet: <https://www.lifeder.com/escaldado-alimentos/>

CORNEJO, Jonny. Respuesta morfométrica intestinal en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentada con pellets enriquecidos con probióticos y prebióticos. Colombia 2017.p.33-34. Disponible en internet: http://www.bdigital.unal.edu.co/57272/1/2017_Gibson_Jonny_Cornejo_Due%C3%B1as.pdf

CORRÊIA, V. Fontes energéticas vegetais para juvenis de jundiá e carpa. En: Revista electrónica Scielo. 2015. vol. 64, no. 3, p. 4

DE LA CRUZ, María; ZAMUDIO, Marcela y CORONA, Irene. Importancia y estudios de las comunidades microbianas en los recursos productores pesqueros. En: Revista Scielo. México. 2014.p. vol 2 no 4.p. 101-102.

ESCOBAR, Alexander y REINOSO, Viviana. Efecto del nivel de proteína y energía en la dieta sobre el desempeño productivo de *Oreochromis niloticus*, variedad chitalada. En: Revista de Medicina Veterinaria. 2015. vol 4 no 12, p.1

ESCOBAR, Laura; OLVERA, Miguel; PUERTO, Cesar. Avances Sobre la Ecología de Microbiana del Tracto Digestivo de la Tilapia y Sus Potenciales Implicaciones. [en línea] Mérida, Yucatán, México. 2006, [citado 13 abril 2020] p. 108. Disponible en internet :

https://www.uanl.mx/utilidades/nutricion_acuicola/VIII/archivos/8Olverafinal.pdf.

ISSN 970-694-333-5

ESPINOZA, Jesús. Nutrición y Alimentación en peces. [en línea] 2 ed. nov. 2007. [citado 21 septiembre 2019]. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/document/136622242/NUTRICION-Y-ALIMENTACION-DE-LOS-PECES>

FAO. Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura.2019. Disponible en internet: <http://www.fao.org/fishery/affris/pagina-principal-sistema-de-informacion-sobre-alimentos-y-recursos-fertilizantes-para-la-acuicultura/es/>

FAO. Programa de información de especies acuáticas *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). 2020.[citado 7- agosto -2019] Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

FENALCE. Propiedades del frijol [En línea]. Abril-Junio 2012 [Citado 22 Junio, 2013]. Disponible en: https://www.fenalce.org/arch_public/bienestar101.pdf

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE). Informe de gestión 2017 – A Fondo Nacional de Leguminosas. Colombia, Cundinamarca: Venegas., 2017.

Fideicomisos Instituidos En Relación con la Agricultura. (FIRA). Panorama Agroalimentario. 2016.p. 4

FONSECA, Mario. Sistema digestivo de los peces. [en línea] sep. 2016 [citado 6 septiembre 2019]Colombia Disponible en internet: <https://peces.paradais-sphynx.com/anatomia-fisiologia/sistema-digestivo-de-los-peces.htm>

FRANCO, Marcela. Evaluación cargamento rojo como material biosorbente en la remoción de cadmio presente en soluciones acuosas. Bogotá: DC. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Libre. Facultad de ingeniería. 2014. 22. p

GARCIA, Eduardo; INFANTE, Benito y RIVERA, Carlos. Hacia una definición de fibra alimentaria. [en línea] Anales Venezolanos de nutrición Caracas, Venezuela. 2008 [citado 14 abril 2020]. Disponible en internet: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005

GÍL, Ángel. Tratado de nutrición. Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2 ed. Bogotá D.C.: Dolores Ruiz, 2010. 153 p.

GIL, Gloria y MONTOYA, Cinthia. Pigmentación, crecimiento y supervivencia de crías carpa koi (*cyprinus carpio var. haematopterus*) alimentadas con dietas con inclusiones de aceite de langostilla roja (*pleuroncodes planipes*). En: e-Gnosi Revista Digital Científica y Tecnológica. Septiembre, 2015. vol. 13, no.3, p 5

GÓMEZ, José; PASCULLI, Laura y BAGES, Fernando. Hacia la Sostenibilidad y Competitividad de la Acuicultura Colombiana. 1 ed. Bogotá D.C.: Adana-Hugo, 2016. 9 p.

GONZALES, Adolfo y WILLS, Álvaro. Evaluación de dietas isoenergéticas con varios niveles de proteína y de harina de pescado en alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalena*e). [en línea] Colombia 2015 [citado 30 septiembre 2019]. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n2/v12n2a08.pdf>

GUTIERREZ, Nathalia. Calidad del agua en la acuacultura. [en línea]. Hidalgo, México. Universidad de Jalisco, 18 Julio 2015. [citado 13 diciembre 2020]. Disponible en internet: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519>

HERNÁNDEZ Glenn, GONZÁLEZ, José; SALMERON, Yaquelin y PIZZANI, Pablo. Efectos de la relación energía/ proteína sobre el desempeño productivo sobre larvas de coporo (*Prochidolus mariae*). En: Revista Scielo. 2010. vol 28, no 2, p. 2 -3

HIDALGO, Rigoberto y DEBOUCI, Daniel. Morfología del frijol. México [en línea]. 2010, vol 33, no 1 [citado 23 mayo 2019]. Disponible en internet: <https://cgospace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81884/morfologia7eba331e.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ISSN 0187-7380

HURTADO, Giraldo. Evaluación de levante de carpa común (*Cyprinus carpio*) En sistemas cerrados de recirculación acuícola. Trabajo de grado para optar al título de

biólogo aplicado. Bogotá, D.C: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Programa de biología aplicada, 2016. 8 p.

KAUSHI, Sadasivam. Bioenergética nutricional y estimación de la producción de residuos en no salmónidos Bioenergética nutricional y estimación de la producción de residuos enno salmónidos. En: Revista electrónica ScienceDirect. Agosto,1998. vol.11, no 4, p. 4

LADINES, Miguel; UREÑA, Roberto y RODRIGUEZ, Liliana.Arawanas. En: Producción de peces ornamentales en Colombia. Bogotá D.C. produmedios. 2007, p. 9

LOPEZ, Brenda y PEREZ, Flavia. Guía metabólica de Bioquímica. Universidad Autónoma de Nayarit. 2016

LÓPEZ, Hernando y BARBOSA. Aixa. Crecimiento de carpa en jaulas flotantes en un reservorio de cajica (Cundinamarca), Colombia. En: Revista Universidad Militar Nueva Granada. Abril,2016. Vol. 8, no 2 p. 13

LÓPEZ, Jorge. Nutrición y Alimentación Piscícola. Nutrición Acuícola. 21 ed. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño. 2014.p.28. ISBN 978-958-8609-73-7

LÓPEZ. Yudy y VÁSQUEZ, Walter. Evaluación de diferentes proporciones de energía / proteína en dietas para juveniles de carpa koi (*Cyprinus carpio*).En: Revista Orinoquia. 2004. vol.8, no. 1, p. 10

MAIZTEGUI, Tomás. Ecología poblacional de (*Cyprinus carpio*.). Trabajo de grado en ciencias naturales Argentina. :Universidad de la plata . 2015. p.14. Disponible en internet:

<https://pdfs.semanticscholar.org/f831/779738fb26d09f457f1ae60236711c110519.pdf>

MARTINEZ, Teresa; VIORIA, Maribel y CAMACHO, Jesús. Aspectos histológicos del intestino de *typhlonectes venezuelensis* (amphibia : gymnopia, typhlonectidae) En: Revista Científica, FCV-LUZ Venezuela 2016.vol 14, no 3, p.56.

MENESES, John Alexander y PAZ, Mario Fernando. Evaluación de los coeficientes de digestibilidad de dietas elaboradas con 10, 20 y 30% de extracto seco de hidrolizado de vísceras de pescado en el alevinaje de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*, VANDELLI 1929). Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos, 2013. 47 – 48 p.

ORELLANA, Andrés. Modelación de la tasa de crecimiento de organismos filtradores en cultivo bajo limitación de alimento. En: Revista electrónica Scielo. Abril, 2015. vol. 49, no. 1, p. 5

PINÉROS, Álvaro y GUTIERREZ, Mariana. Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818 [en línea]. 2014, Vol 18, no 2. [Citado 26 agosto 2019] . Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v18n2/v18n2a02.pdf>

PUERTAS, Luis Fernando. Coeficientes de Digestibilidad Aparente de materias primas alternativas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y sus efectos sobre el desarrollo morfométrico de las vellosidades intestinales. Trabajo de grado Magister en Ciencias Agrarias. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal, 2016. 24 p.

PUELLO, Paola y MONTOYA, Inés. Caracterización de la microbiota presente en el intestino de *Piaractus brachypomus* (cachama blanca). En: Revista electrónica Scielo. Agosto, 2018. vol.20, no. 2, p. 3

RAMOS, Andreina. Crianza experimental de *Cyprinus carpio* variedad “carpa koi” en condiciones de laboratorio. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo pesquero. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Biológicas. 2015. 18 p.

RIVAS, Gloria y MUÑOZ, Diego. Proyecto del estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño., 2007

SALINAS, David. Sistema digestivo de peces teleósteos. Trabajo de grado: Maestro en ciencias. México. DF.: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ciencias 2015. p.54.

SANCHÉZ, Esteban y FERNÁNDEZ, Fernanda. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. En: Revista Nova Scientia. Universidad de la Salle Bajío. 2017. Vol. 9, no 18, p.144

SOLLA, Alimentación mojarra. 2016. Disponible en internet : <https://www.solla.com/productos/acuicultura/mojarras-45>

SOLARTE, Carlos; GARCÍA, Hernán A y IMUEZ, Marco. Bioestadística: Aplicaciones en producción y salud animal, San Juan de Pasto: Editorial Universitaria – Universidad de Nariño, 2009. p 304

TORREZ, Patricio. Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. Revista electrónica [en línea]. 2017. [citado 7 agosto 2019] Disponible en internet: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001

TOVAR, Alberto. Cultivo de carpa. [en línea]. México. oct. 2014. [citado 20 noviembre 2019]. Disponible en internet: https://oneproceso.webcindario.com/CULTIVO_CARPA2.pdf

UQUICHE, Miguel. Alimentación y biología reproductiva de la carpa común (*Cyprinus carpio*, (Linnaeus, 1758)) en las lagunas de Huacarpa y Urcos, provincia de Quispicanchi – Región Cusco. Trabajo de grado para optar al título de Biólogo: Cusco. Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco. Facultad de Ciencias. 2019. 22. p

VALDÉZ, Luis. Anatomía en peces, México. En: Revista electrónica Scielo. Abril, 2016. Vol. 3, no 2 p. 13

YAMAMOTO, Takeshi y SHIMA, Takao. Effect of water temperature and short - Term fasting on macronutrient self - Selection by common carp (*Cyprinus carpio*). En: Revista Science Direct. 2003. p. 220.

ZALDIBAR, Miriram. El sistema inmunológico de las mucosas. En: Revista electrónica Scielo. Octubre, 2002.vol.18.no. 18, p.3

ANEXOS

Anexo A. Protocolo para elaboración de alimento Gonzales & Wills

Molienda	Se muele la materia prima con el fin de reducir el tamaño de las partículas para tener una mezcla homogénea, de tal manera que la ración diaria aporte todos los componentes en las proporciones adecuadas, facilitando la paletización.
Tamizaje	Las materias primas se tamizan a través de un tamiz de 250 μ
Mezclado	Para lograr una distribución uniforme en toda la mezcla se prepararán con los ingredientes que entran en pequeña proporción, con los de mayor
Paletización	El pellet se elabora de manera artesanal, para lo cual se humedece con una solución de almidón en proporción de 0,5 g por litro de agua destilada y posteriormente se sometió a secado a 30°C durante 24 horas

Anexo B. Análisis bromatológico harina de vaina de frijol

 Universidad de Nariño <small>FUNDADA EN 1885</small>	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-76 Página: 1 de 1 Versión: 2 Vigente a partir de: 2014-01-15
--	--	---

LABORATORIO		BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS						
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No. LB-R- 031-19				
Solicitante: Diana Yaeline Díaz Erazo, Leydi Carolina Criollo. Tesis Ing. en Producción Acuícola		Muestra	Harina cáscara de frijol	Código muestra	440			
Dirección: Cra 45 No. 19-30. San Juan de Pasto		Procedencia	Mercado Potrenillo. San Juan de Pasto					
cc / nit:	1.086.550.039	Responsable del Muestreo *	Diana Yaeline Díaz Erazo					
Teléfono:	316 321 5617	Fecha de Muestreo *	AA	19	MM	10	DD	09
e-mail:	dianadiazerazo0000@gmail.com	Fecha Recepción Muestra en Laboratorio	AA	19	MM	10	DD	10
		Fecha de Emisión del Reporte	AA	19	MM	11	DD	27
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2019-10-22- a 2019-11-26						
ANALISIS SOLICITADO		Proximal, Energía						
PARÁMETRO	MÉTODO		TÉCNICA		UNIDAD DE MEDIDA	Base Parcialm. Seca	Base Seca	
Humedad	Secado estufa		Gravimétrica		g/100g	8,48		
Materia seca	Secado estufa		Gravimétrica		g/100g	91,52		
Ceniza	Incineración mufla		Gravimétrica		g/100g	4,98	5,42	
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet		Gravimétrica		g/100g	0,61	0,67	
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Bolsas Ankom		Gravimétrica		g/100g	23,63	25,82	
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)		Titulométrica		g/100g	5,12	5,59	
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático		Cálculo matemático		g/100g	57,20	62,50	
Energía	Bomba calorimétrica		Calorimétrica		Kcal/100g	363	397	
OBSERVACIONES								
Nota a	Información suministrada por el usuario							
Expresión de resultados	Con base a muestra seca							
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA								
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.								

Anexo C. Datos de peso y longitud por tratamiento y réplica

T0R1	PESO	LONGITUD (cm)	
	(g)	Lt	Le
1	8,2	8,37	6,68
2	7,6	7,69	6,24
3	6,64	7,82	6,37
4	6,4	7,04	6,31
5	7,59	8,05	6,01
T0R2	(g)	Lt	Le
1	8,63	8,23	6,45
2	7,29	7,45	6,19
3	6,41	7,9	5,96
4	9,51	8,41	7,05
5	9,78	8,72	6,75
T0R3	(g)	Lt	Le
1	7,9	8,13	6,41
2	6,27	6,9	5,77
3	6,35	7,54	6,9
4	6,14	7,48	5,88
5	6,93	7,96	6,06
T1R1	PESO	LONGITUD (cm)	
	(g)	Lt	Le
1	8,96	8,44	6,66
2	8,28	8,61	6,67
3	7,52	8,23	6,24
4	8,94	8,35	6,89
5	7,61	7,89	6,12
T1R2	(g)	Lt	Le
1	6,23	8,11	5,99
2	9,37	8,88	7,13
3	7,11	7,78	6,19
4	6,37	7,56	6,09
5	6,19	7,53	7,85
T1R3	(g)	Lt	Le
1	6,43	7,74	6,1
2	7,8	7,48	5,78
3	7,27	7,65	5,96
4	7,98	7,99	6,13

5	6,42	7,54	5,95
T2R1	(g)	Lt	Le
1	8,6	8,51	6,66
2	7,83	7,73	6,21
3	8,42	8,49	6,42
4	8,3	8,37	6,61
5	6,26	7,47	5,77
T2R2	(g)	Lt	Le
1	6,5	7,29	5,76
2	6,24	7,15	5,89
3	7,85	8,08	6,41
4	8,86	8,55	6,74
5	7,6	7,96	6,33
T2R3	(g)	Lt	Le
1	8,63	8,18	6,2
2	7,22	7,82	5,97
3	8,37	8,07	6,55
4	7,95	8,37	6,54
5	6,26	7,42	5,98
T3R1	(g)	Lt	Le
1	7,5	8,27	6,41
2	6,17	7,46	5,97
3	8,32	8,77	6,63
4	6,71	7,51	5,91
5	8,03	8,05	6,57
T3R2	(g)	Lt	Le
1	6,63	7,96	6,32
2	6,9	8,05	6,35
3	8,37	8,15	6,58
4	8,74	8,46	6,69
5	7,82	7,85	6,41
T3R3	PESO	LONGITUD (cm)	
	(g)	Lt	Le
1	7,25	7,91	6,04
2	7,74	7,92	6,34
3	8,51	8,45	6,62
4	7,74	8,07	6,49
5	7,08	7,86	5,87

Anexo D. Prueba ANOVA para peso, Longitud total y estándar programa R.

Peso

TRATAMIENTO	CENSO	Promedio PESO	Mediana PESO	Des. Estándar PESO	Min_PESO	Max_PESO	Rang_PESO	CV. PESO	Valor- P	NORMALIDAD
T0	S	7,44	7,29	1,17	6,14	9,78	3,64	15,73	0,09	Normal
T1	S	7,5	7,52	1,06	6,19	9,37	3,18	14,13	0,22	Normal
T2	S	7,66	7,85	0,94	6,24	8,86	2,62	12,27	0,05	Normal
T3	S	7,57	7,74	0,76	6,17	8,74	2,57	10,04	0,86	Normal

Longitud total

TRATAMIENTO	CENSO	Promedio LONGITUD_T	Mediana LONGITUD_T	Des. Estándar LONGITUD_T	Min_LONGITUD_T	Max_LONGITUD_T	Rang_LONGITUD_T	CV. LONGITUD_T	Valor- P	NORMALIDAD
T0	S	7,85	7,9	0,51	6,9	8,72	1,82	6,5	0,98	Normal
T1	S	7,99	7,89	0,44	7,48	8,88	1,4	5,51	0,22	Normal
T2	S	7,81	7,96	0,58	6,5	8,55	2,05	7,43	0,36	Normal
T3	S	8,02	8,05	0,39	7,36	8,77	1,41	4,86	0,78	Normal

Longitud estándar

TRATAMIENTO	CENSO	Promedio LONGITUD_E	Mediana LONGITUD_E	Des. Estándar LONGITUD_E	Min_LONGITUD_E	Max_LONGITUD_E	Rang_LONGITUD_E	CV. LONGITUD_E	Valor- P	NORMALIDAD
T0	S	6,34	6,31	0,38	5,77	7,05	1,28	5,99	0,98	Normal
T1	S	6,31	6,13	0,56	5,08	7,38	2,3	8,87	0,22	Normal
T2	S	6,18	6,2	0,37	5,5	6,74	1,24	5,99	0,36	Normal
T3	S	6,35	6,41	0,28	5,87	6,69	0,82	4,41	0,78	Normal

Anexo E. Metodología de técnica de tinción Hematoxilina y Eosina (H&E)

Partimos de muestras que han sido fijadas e incluidas en parafina. Estas muestras se han cortado en secciones de unas 8 µm de grosor y adheridas a portaobjetos recubiertos con gelatina-alumbre.

- 1.- 2x10 min en xileno para desparafinar
- 2.- 2x10 min en etanol 100º
- 3.- 10 min en etanol 96º
- 4.- 10 min en etanol 80º
- 5.- 10 min en etanol 50º
- 6.- 5 min en H₂O destilada
- 7.- 5-10 min en Hematoxilina de Mayer
La hematoxilina no es un colorante en sentido estricto, sino que es la hemateína, su producto oxidado, la que teñirá sustancias como la cromatina del núcleo y las grandes agregaciones ribosomales del citoplasma, como las que se dan en el retículo endoplasmático rugoso.
- 8.- 15 min en agua corriente. Diferenciación.
- 9.- 2x1 min en H₂O destilada
- 10.- 0.5 a 2 min en Eosina al 0.2 % en H₂O
La eosina, colorante ácido, se une a elementos del citoplasma y de la matriz extracelular.
Se pueden usar tres tipos de eosina: eosina amarillenta (CI 45380), eosina azulada (CI 45400) y eosina soluble en alcohol (CI 45386). La primera es la más usada.
- 11.- Tiempo variable (unos cuantos segundos) en 70º para diferenciación
El tiempo de diferenciación depende de la intensidad de tinción de eosina que queramos en nuestra muestra. Se le pueden añadir unas gotas de acético.
- 12.- 20s en etanol 96º
- 13.- 2x3 min en etanol 100º
- 14.- 2x10 min en xileno
- 15.- Montado con medio de montaje

Anexo F. Balanceo de dietas experimentales

Matriz principal 32% balanceado comercial													
Materia prima	% Proteina	Gramos	%Materia prima	Cantidad de proteína/ 100g	Gramos/proteína 1000g	Fibra%	Cantidad de fibra kg	% Fibra alimento	Energía/100 g	Cantidad de energía 100g	Energía Bruta Kg	Energía Digestible (85%)	Relación ED/P
Balanceado	30	1000	100	30	300	6	60	6	296,2	296,2	2962	2517,7	8,392
Harina vaina	5,6	0	0	0	0	25,82	0	#DIV/0!	397	0	0	0	#DIV/0!
Total	1000			30	300		60	6	693,2	296,2	2962	2517,7	8,392
90% balanceado y 10 Harina de vaina de frijol													
Materia prima	% Proteina	Gramos	%Materia prima	Cantidad de proteína/ 100g	Gramos/proteína 1000g	Fibra%	Cantidad de fibra kg	% Fibra alimento	Energía/100 g	Cantidad de energía 100g	Energía bruta Kg	Energía Digestible (85%)	Relación E/P
Balanceado	30	900	90	27	270	6	54	6	296,2	266,58	2665,8	2265,93	8,39
Harina vaina	5,6	100	10	5,6	56	25,82	25,82	25,82	397	39,7	397	337,45	6,03
Total	1000			32,6	326		79,82	7,982	693,2	306,28	3062,8	2603,38	14,42
80% balanceado y 20 Harina de vaina de frijol													
Materia prima	% Proteina	Gramos	%Materia prima	Cantidad de proteína/ 100g	Gramos/proteína 1000g	Fibra%	Cantidad de fibra kg	% Fibra alimento	Energía/100 g	Cantidad de energía 100g	Energía bruta Kg	Energía Digestible (85%)	Relación E/P
Balanceado	30	800	80	24	240	6	48	6	296,2	236,96	2369,6	2014,16	8,39
Harina vaina	5,6	200	20	5,6	56	25,82	51,64	25,82	397	79,4	794	674,9	12,05
Total	1000			29,6	296		99,64	9,964	693,2	316,36	3163,6	2689,06	20,44
70% balanceado y 30 Harina de vaina de frijol													
Materia prima	% Proteina	Gramos	%Materia prima	Cantidad de proteína/ 100g	Gramos/proteína 1000g	Fibra%	Cantidad de fibra kg	% Fibra alimento	Energía/100 g	Cantidad de energía 100g	Energía bruta Kg	Energía Digestible (85%)	Relación E/P
Balanceado	30	700	70	21	210	6	42	6	296,2	207,34	2073,4	1762,39	8,39
Harina vaina	5,6	300	30	1,68	16,8	25,82	77,46	25,82	397	119,1	1191	1012,35	60,26
Total	1000			22,68	226,8		119,46	11,946	693,2	326,44	3264,4	2774,74	68,65

Anexo G. Análisis de varianza peso inicial.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	3,62700933	1,2090031	4,91770	0,00420559
Residuos	56	1,37674480	2,4584729	NA	NA

Anexo H. Análisis de varianza peso final.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	471,51256500	157,17085500	22,93150281	0,00000000
Residuos	56	383,81993333	6,85392738	NA	NA

Anexo I. Prueba de Tukey peso final

Tratamiento	Dif. de medias	Limite Inf. sup	Lim. Sup. Residuos	Valor- P
T1-T0	-3,66000	-6,1912710	-1,12872910	0,0018126
T2-T0	-5,50600	-8,0372710	-2,97472910	0,0000022
T3-T0	-7,63467	-10,165938	-5,10339580	0,0000000
T2-T1	-1,84600	-0,8031083	0,68527090	0,2269717
T3-T1	-3,97467	-6,5059380	-1,44339580	0,0006286
T3-T2	-2,12867	-4,6599380	0,40260420	0,1285452

Anexo J. Análisis de varianza longitud total inicial.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	0,44961833	0,14987277777	0,641712754	0,591397989
Residuos	56	1,3078867	0,23355110000	NA	NA

Anexo K. Análisis de varianza longitud total final.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	1,8899987	6,299996	1,68711	0,00000060
Residuos	56	2,0911547	0,3734204	NA	NA

Anexo L. Prueba de Tukey longitud total final.

Tratamientos	Dif. de medias	Limite Inf. Sup	Lim. Sup. Residuos	Valor -P
T1-T0	-0,3906667	-0,981504	0,2001707	0,3077775
T2-T0	-10,820.000	-1,672.837	-0,4911627	0,0000595
T3-T0	-14,286.667	-2,019.504	-0,8378293	0,0000002
T2-T1	-0,6913333	-1,282.171	-0,100496	0,0156424
T3-T1	-10,380.000	-1,628.837	-0,4471627	0,0001184
T3-T2	-0,3466667	-0,937504	0,2441707	0,4131419

Anexo M. Análisis de varianza longitud estándar inicial.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	0,270573333	0,090191111	0,535036549	0,660177118
Residuos	56	944	0,16857	NA	NA

Anexo N. Análisis de varianza longitud estándar final.

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	13,930400	4,6434667	18,630859	0,0000000166
Residuos	56	13,957173	0,2492352	NA	NA

Anexo O. Prueba de Tukey longitud estándar final.

Tratamientos	Dif. de medias	Limite Inf. Sup	Lim. Sup. Residuos	Valor- P
T1-T0	-0,456	-0,9386959	0,02669588	0,0706074
T2-T0	-0,8386667	-13,213.625	-0,35597078	0,0001414
T3-T0	-1.308	-17,906.959	-0,82530412	0,0000000
T2-T1	-0,3826667	-0,8653625	0,10002922	0,1659539
T3-T1	-0,852	-13,346.959	-0,36930412	0,0001098
T3-T2	-0,4693333	-0,9520292	0,01336255	0,0595557

Anexo P. Análisis de varianza incremento de peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,9882	2	1,4941	1,16	0,3563
Intra grupos	11,593	9	1,28811		
Total (Corr.)	14,5812	11			

Anexo Q. Análisis de varianza incremento de longitud total

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,62735	2	0,313675	3,24	0,0873
Intra grupos	0,872275	9	0,0969194		
Total (Corr.)	1,49963	11			

Anexo R. Análisis de varianza Incremento de longitud est\'andar

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Raz\'on-F	Valor-P
Entre grupos	0,489017	2	0,244508	4,75	0,0390
Intra grupos	0,46295	9	0,0514389		
Total (Corr.)	0,951967	11			

Anexo S. Análisis de varianza Tasa de Crecimiento Simple (TCS)

	GL	S. cuadrados	Error medio	Valor- F	Valor- P
Tratamientos	3	0,447142	0,0127755	7,10	0,021
Residuos	56	0,0	0,0520376	NA	NA

Anexo T. Análisis de varianza Coeficiente de Crecimiento Térmico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,71667E-9	2	1,85833E-9	0,05	0,9518
Intra grupos	3,3695E-7	9	3,74389E-8		
Total (Corr.)	3,40667E-7	11			

Anexo U. Coeficiente de crecimiento térmico por tratamientos

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Suma de grados	CCT
T0R1	8,32	19,89	1049,35	0,000639
T0R2	6,71	15,23	1049,35	0,000555
T0R3	7,28	15,23	1049,35	0,000518
T1R1	8,26	14,09	1056,50	0,000366
T1R2	7,05	12,81	1056,50	0,000393
T1R3	7,18	12,71	1056,50	0,000376
T2R1	7,88	10,42	1059,31	0,000180
T2R2	7,41	12,49	1059,31	0,000344
T2R3	7,68	11,16	1059,31	0,000243
T3R1	7,34	9,48	1043,94	0,000163
T3R2	7,69	9,38	1043,94	0,000127
T3R3	7,66	8,99	1043,94	2,064147

Anexo V. Pruebas de Bonferroni y Kruscall Wallis Conversión Alimenticia Aparente.

Bonferroni

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	9	1,79851	X
1	9	2,93425	XX
3	9	3,08783	XX
2	9	3,9467	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1		-1,13574	1,50549
0 - 2	*	-2,14819	1,50549
0 - 3		-1,28932	1,50549
1 - 2		-1,01245	1,50549
1 - 3		-0,153582	1,50549
2 - 3		0,858869	1,50549

* indica una diferencia significativa.

Kruscall Wallis para cada tratamiento

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio
0	9	8,44444
1	9	19,5556
2	9	25,2222
3	9	20,7778

Estadístico = 12.3734 Valor-P = 0.0062074

Anexo W. Análisis de varianza altura de vellosidades iniciales.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,143333	3	0,0477778	0,84	0,5077
Intra grupos	0,453333	8	0,0566667		
Total (Corr.)	0,596667	11			

Anexo X. Análisis de varianza altura de vellosidades finales.

Fuente	Suma Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.01483	3	0,671608	15,28	0,0011
Intra grupos	0.351667	8	0,0439583		
Total (Corr.)	2.36649	11			

Anexo Y. Prueba de Tukey altura de vellosidades finales

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	3	1.14333	X
2	3	1.60333	X
1	3	1.88333	XX
0	3	2.26667	X

Anexo Z. Análisis de varianza ancho de velloSIDADES iniciales.

Fuente	Suma Cuadrados	de GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,307892	3	0,102631	3,40	0,0738
Intra grupos	0,2414	8	0,030175		
Total (Corr.)	0,549292	11			

Anexo AA. Análisis de varianza ancho de vellosoidades finales.

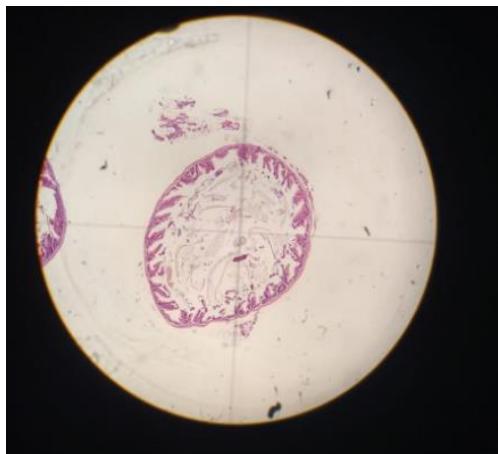
Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0566667	3	0,0188889	0,87	0,4947
Intra grupos	0.173333	8	0,0216667		
Total (Corr.)	0.23	11			

Anexo BB. Fotos vellosidades

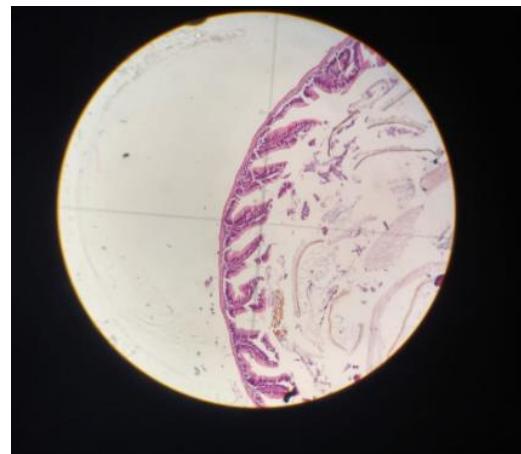
VELLOSIDADES INICIALES

TRATAMIENTO T0R1

4X



10X

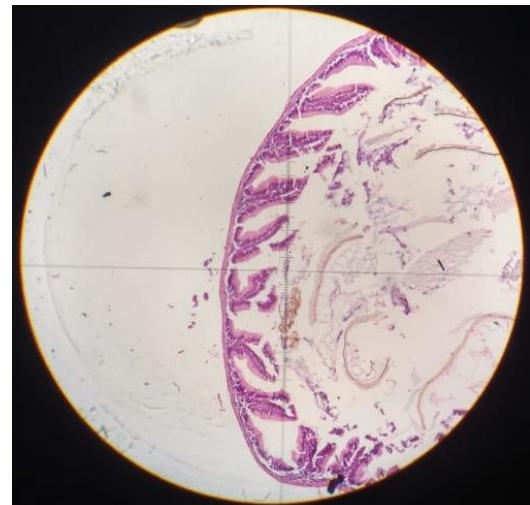


T0R2

4X



10X



T0R3

4X



10X

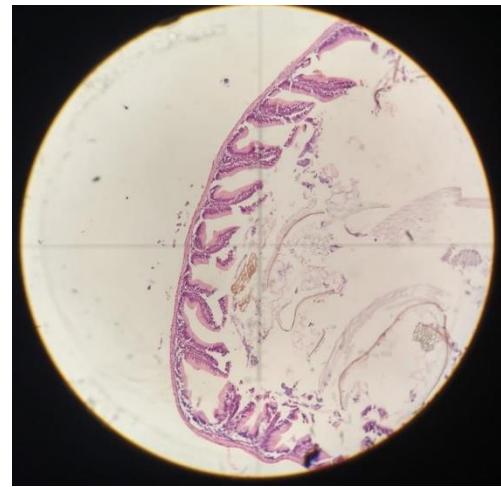


T1R1

4X



10X



T1R2

4X



10X

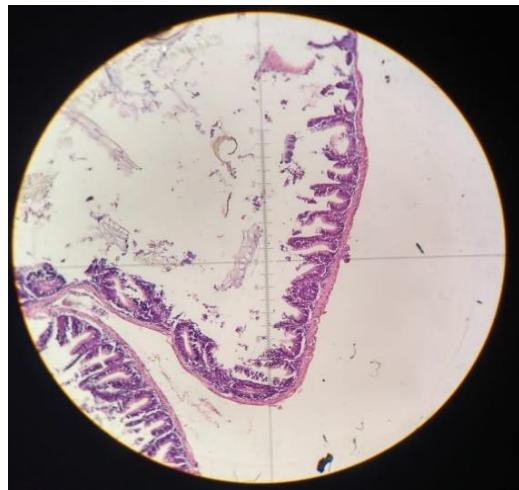


T1R3

4X

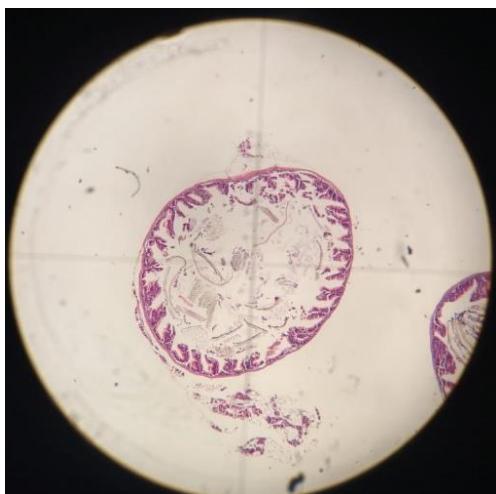


10X



T2R1

4X

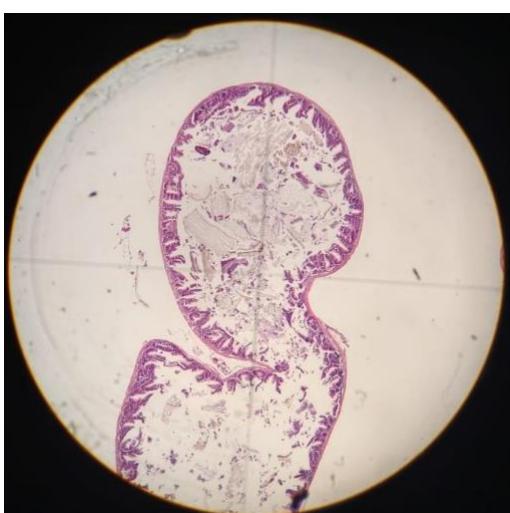


10x

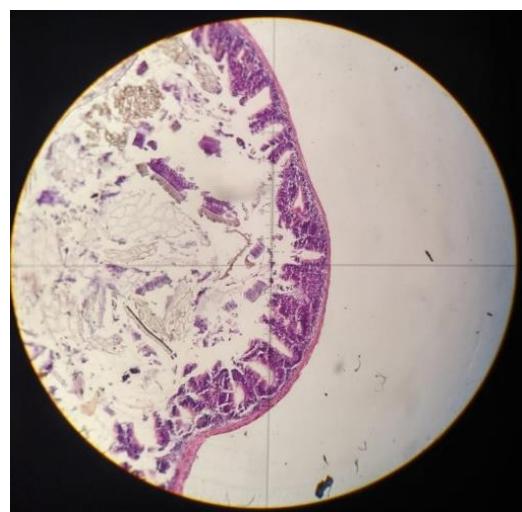


T2R2

4x

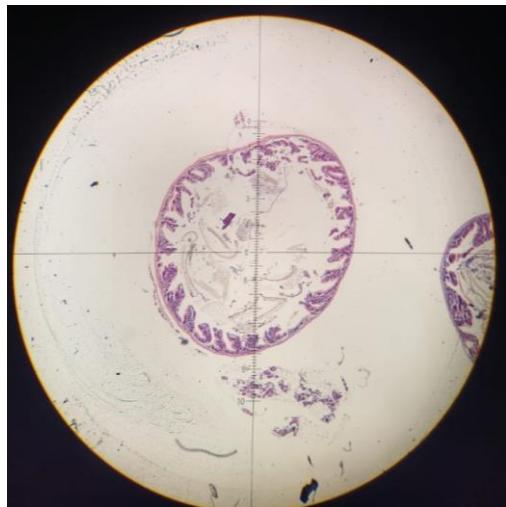


10x

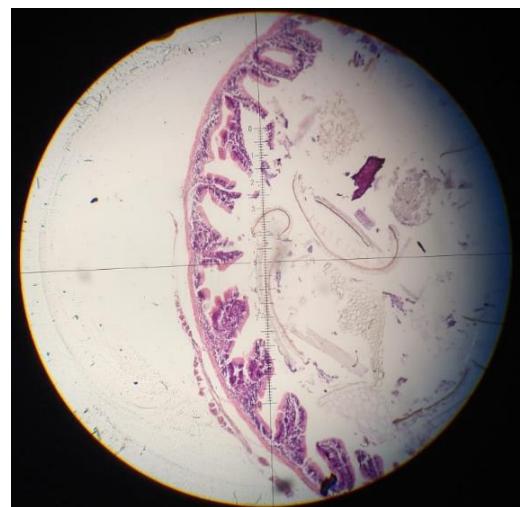


T2R3

4X



10X

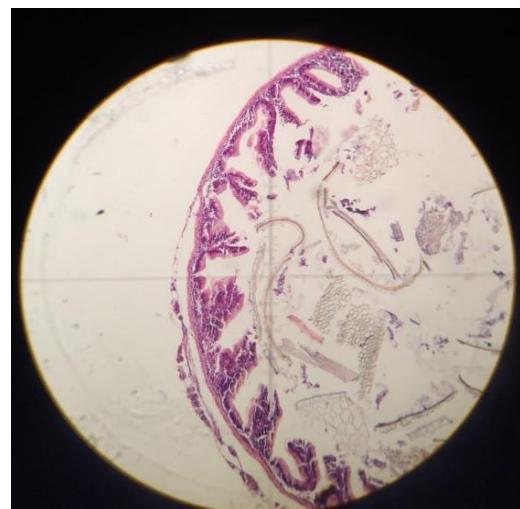


T3R1

4X



10X



T3R2

4X

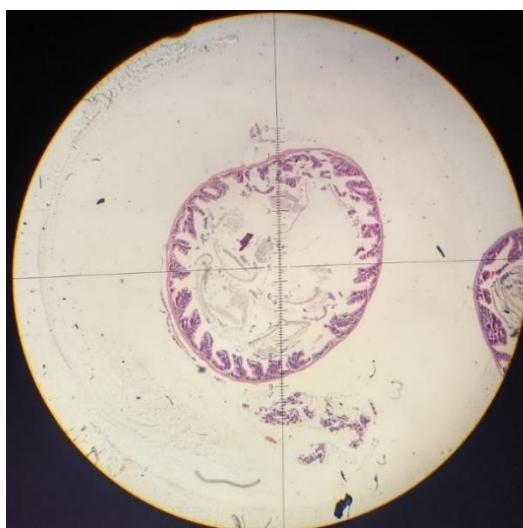


10X

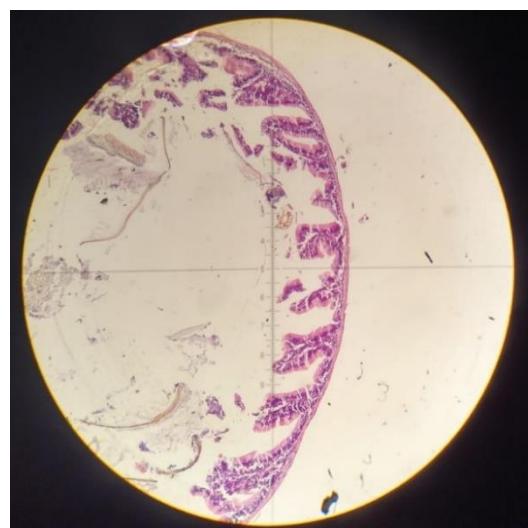


T3R3

4X



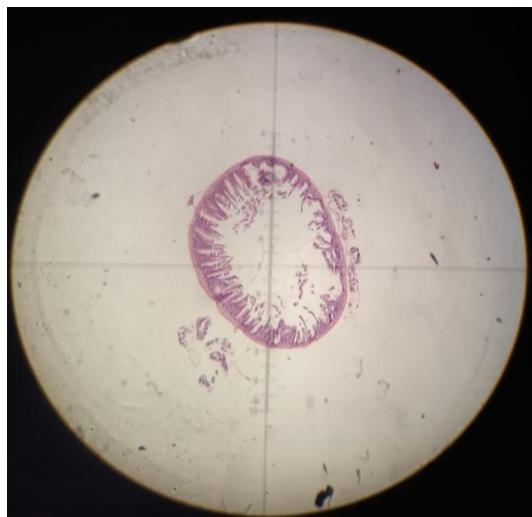
10X



VELLOSIDADES FINALES

T0R1

4X

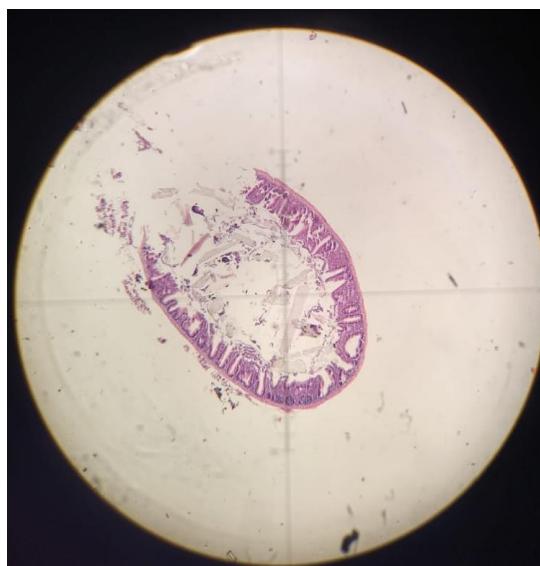


10X

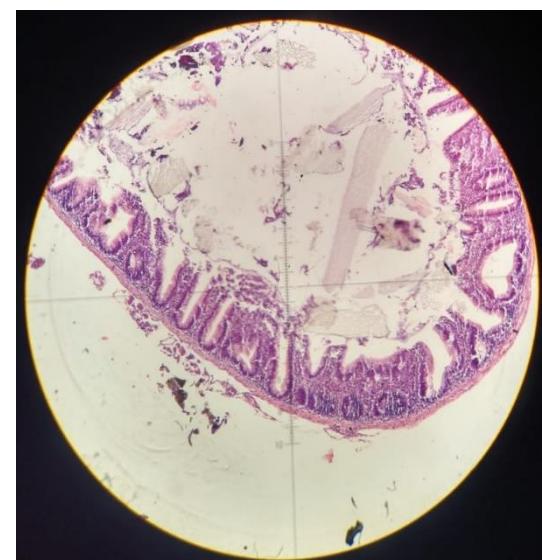


T0R2

4X



10x

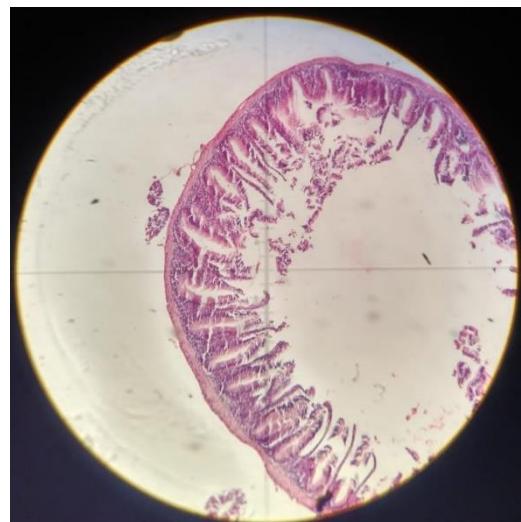


T0R3

4X

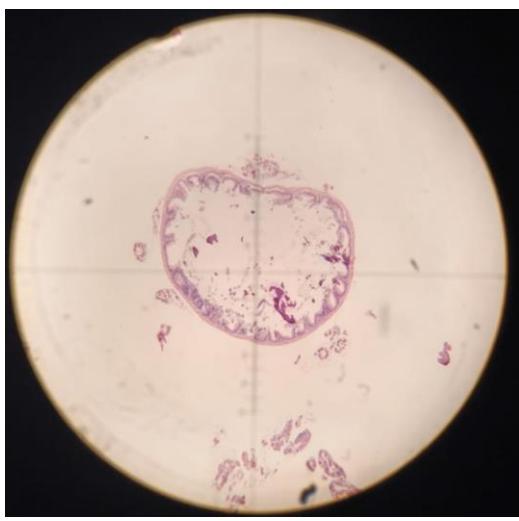


10X

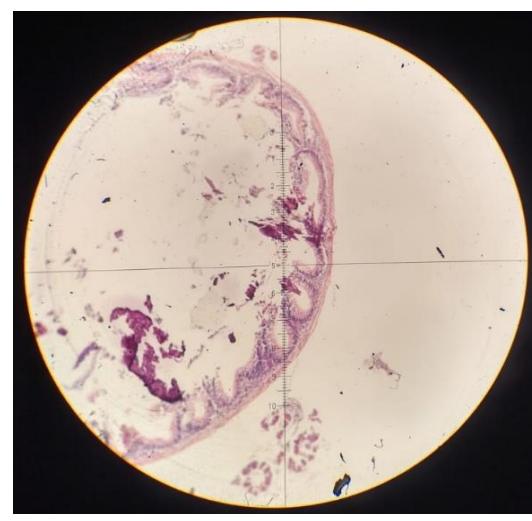


T1R1

4X



10x

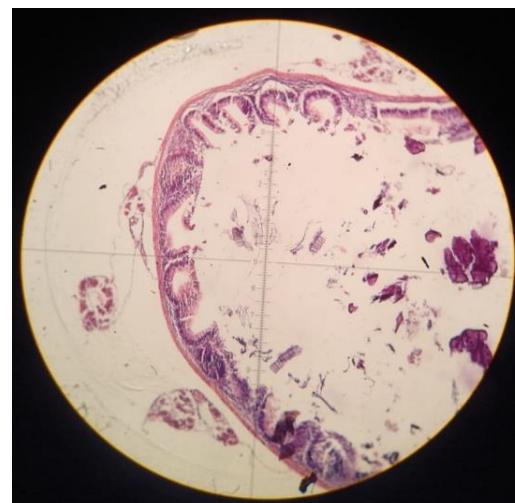


T1R2

4x



10X



T1R3

4X



10X

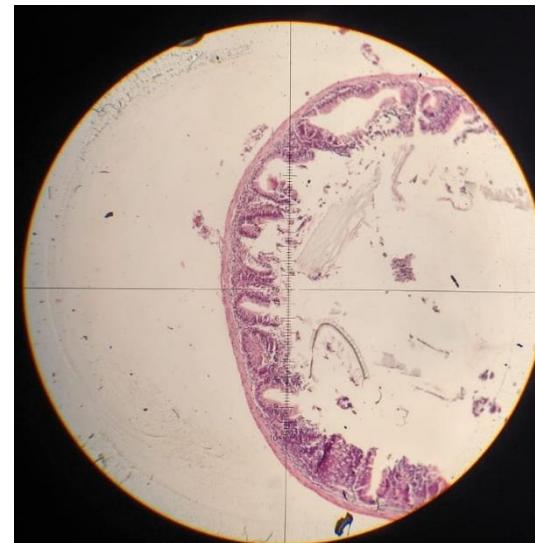


T2R1

4X



10X

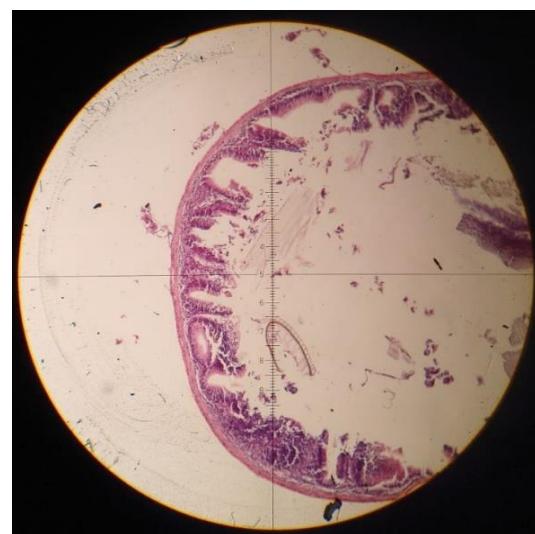


T2R2

4X



10X

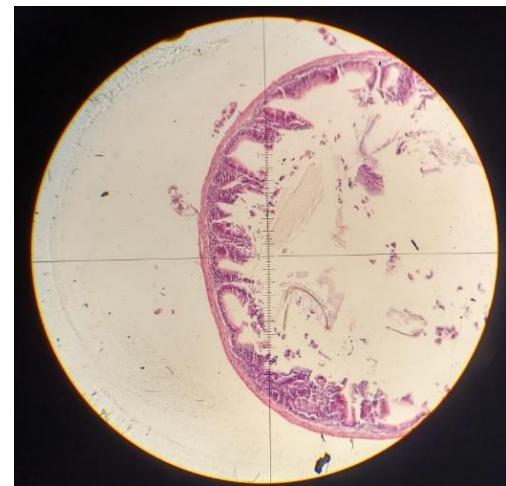


T2R3

4X



10X

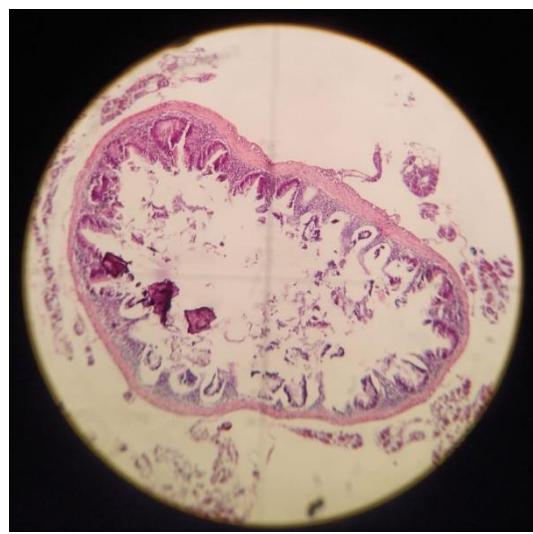


T3R1

4X



10x

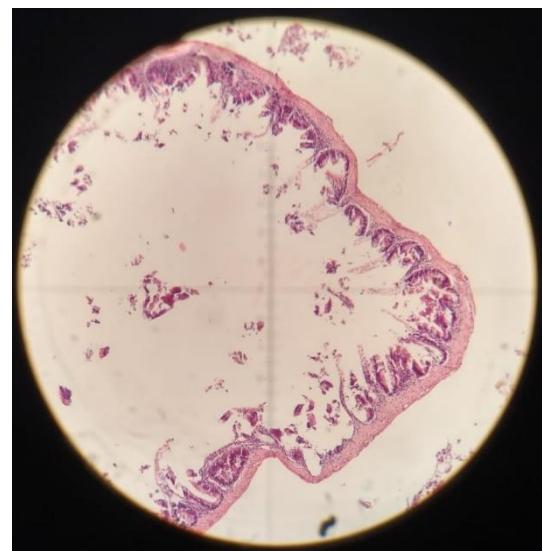


T3R2

4x



10x

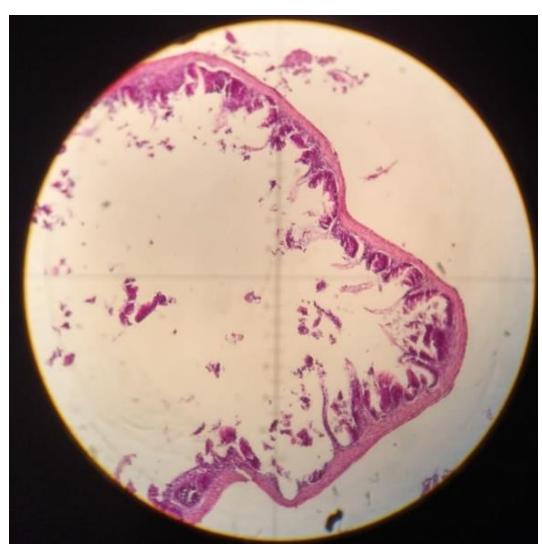


T3R3

4x



10x



Anexo CC.Medidas de velloSIDADES

	VelloSIDADES iniciales			
TRATAMIENTO	REPLICA	No velloSIDADES	Altura	Ancho
T0	1	26	4	2
			3	1
			2,5	1
			2,1	1
			2	1,5
	2	29	2	1,5
			1,9	1,7
			2,7	0,8
			2,2	0,5
			1,8	0,8
T1	1	27	2	0,6
			2,5	1
			2,7	1
			2,8	1,1
			2,5	1
	2	29	2	1
			1,9	1
			1,9	0,5
			2	0,5
			2,3	0,5
T1	2	28	2	0,7
			2	0,5
			2,5	0,4
			2,3	1
			2,5	1
	3	30	2,5	1
			2	1,3
			2	1,6
			2	1,1
			2,2	0,7
			2,2	0,6
			2,1	1,1
			2,2	0,6
			2,1	0,5

			1,5	0,6
T2	1	27	2	0,8
			2,1	0,8
			2,5	0,9
			1,8	0,6
			1,9	0,7
			1,7	0,7
	2	26	2,1	1,2
			1,8	1
			2	1,1
			2,1	1
			2,2	1
			2	1,4
	3	34	2	1
			1,9	0,8
			2	1
			2	1
			1,8	0,7
			1,8	1
T3	1	28	2,5	1
			2	1
			2	2
			2	1,8
			2,3	1,2
			2,1	1
	2	27	2	1,7
			3	0,5
			2	1
			2	1,8
			2	1,5
			1,5	1
	3	24	2,2	1,5
			2,2	1
			2	1
			2,5	2
			2	1
			2	1

		VelloSIDADES FINALES		
TRATAMIENTO	REPLICA	No velloSIDADES	Altura	Ancho
T0	1	27	2,3	1
			2,5	1
			3	1,5
			2	1,8
			2,5	1
			2	1
	2	24	2	1,3
			2	1,2
			2	1,8
			2,5	1,2
T1	3	30	2,5	1
			3	1
			2,5	1
			2,5	1
			2	0,8
			2,5	0,9
	2	28	1,3	0,5
			1,5	0,5
			1,5	0,6
			1,5	0,5
T2	1	26	2	0,7
			1,5	1
			1,5	1
			1,5	0,8
			1,5	0,8
			1,9	0,6
	3	29	1,4	1
			2	0,5
			1,7	1,2
			1,5	1
	1	28	1,7	0,9
			1,5	0,5

			1,5	0,9
			1,7	0,6
			1,9	0,6
			1,6	1
			1,7	1
	2	27	2	0,5
			1,7	0,5
			1,5	1
			1	0,5
			1,3	0,6
			1,6	0,5
	3	25	1,5	0,6
			1,6	1,5
			2,2	0,7
			1,5	1,5
			1,7	0,5
			1,2	0,6
T3	1	27	1,4	1
			1,4	1
			1,5	1
			1,5	0,5
			1,3	0,5
			1,5	0,4
	2	23	0,5	0,5
			0,5	0,6
			0,8	0,4
			1	0,5
			1,2	0,4
			1,1	0,5
	3	22	1	1
			1	0,5
			1	0,7
			0,6	0,5
			0,7	0,5
			1,3	0,5

Anexo DD. Análisis de varianza parámetros fisicoquímicos.

Tabla ANOVA para Temperatura por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,41201	3	1,13734	2,36	0,0704
Intra grupos	576,003	1193	0,482819		
Total (Corr.)	579,415	1196			

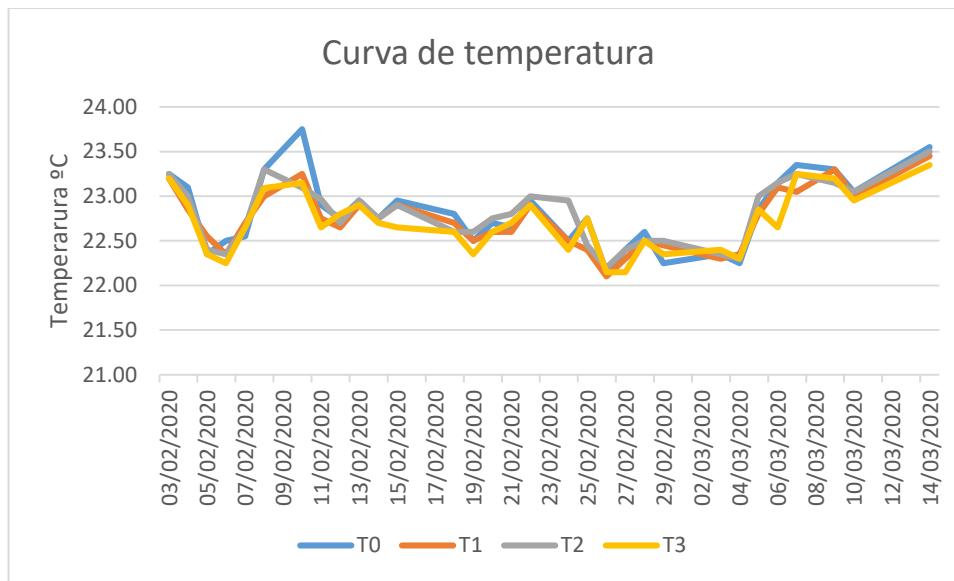
Tabla ANOVA para Oxígeno por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,39919	3	0,133063	1,10	0,3487
Intra grupos	144,506	1193	0,121128		
Total (Corr.)	144,905	1196			

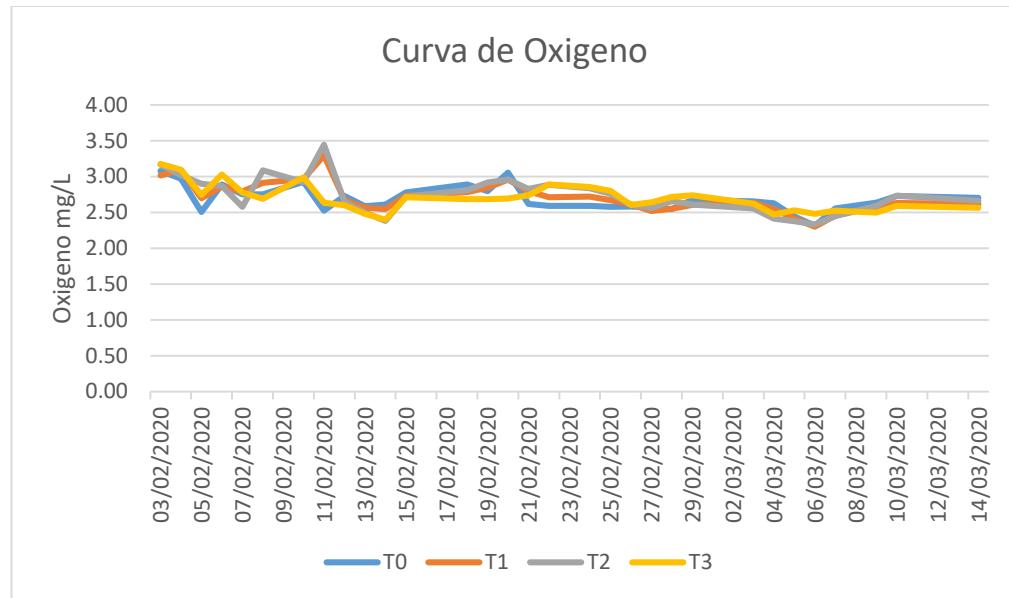
Tabla ANOVA para pH por tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,61649	3	0,872162	9,09	0,0000
Intra grupos	114,415	1193	0,095905		
Total (Corr.)	117,031	1196			

Anexo EE. Curva de temperatura



Anexo FF. Curva de Oxígeno.



Anexo GG. Comportamiento del pH durante el periodo de estudio.

