



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

TEMA:

Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, parroquia Lita.

Trabajo de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR

Gustavo Alexander Aguinaga Chalacán

DIRECTOR

Ing. Miguel Vinicio Aragón Esparza, M.Sc.

IBARRA-ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

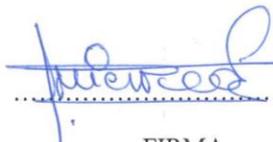
“Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga* spp.) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, parroquia Lita”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener título de:

INGENIERO EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Miguel Aragón MSc.

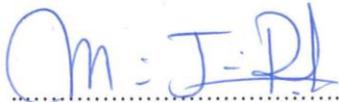


.....

FIRMA

DIRECTOR

Ing. María José Romero MSc.



.....

FIRMA

MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Armando Manosalvas MSc.



.....

FIRMA

MIEMBRO TRIBUNAL

Dr. Tito Mendoza MSc.



.....

FIRMA

MIEMBRO TRIBUNAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100385247-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander		
DIRECCIÓN:	Rafael Sánchez 1-115 y Rafael Larrea Andrade		
EMAIL:	aguinaga.alexander50@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2950-964	TELÉFONO MÓVIL:	0988576504

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (<i>Inga spp.</i>) en la alimentación de tilapia negra (<i>Oreochromis niloticus</i>) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, parroquia Lita”
AUTOR (ES):	Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander
FECHA: DD/MM/AAAA	30/05/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Miguel Vinicio Aragón Esparza, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de Mayo de 2019

EL AUTOR:



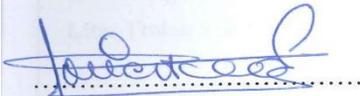
.....

Nombre: Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 30 días del mes de mayo de 2019.



Ing. Miguel Vinicio Aragón Esparza M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: 30 de mayo de 2019

Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander: Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde en el sector Santa Cecilia, parroquia Lita. Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra 30 de Mayo del 2019.

DIRECTOR: Ing. Miguel Aragón Esparza M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar el nivel óptimo de inclusión de la harina de guaba (pulpa y semilla) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde. Entre los objetivos específicos se encuentran: Formular una dieta balanceada para tilapia en la etapa de engorde con la inclusión de la harina de guaba (pulpa y semilla). Evaluar la calidad nutricional de la harina de *Inga spp.*, en las dietas formuladas. Valorar los índices de conversión alimenticia y los parámetros de crecimientos de la especie en los tres tratamientos. Optimizar el uso y costo de producción del alimento balanceado.



Ing. Miguel Aragón, MSc.

Director de trabajo de grado



Aguinaga Chalacán Gustavo Alexander

Autor

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo de mis estudios, de haberme dado fuerzas para emprender hacia delante y nunca rendirme y de haberme brindado enseñanzas y mostrarme el camino hacia la felicidad. Un caluroso y afectuoso gracias a mis padres José y Martha por apoyo moral, por inculcarme valores y una excelente educación sobre todo por darme ese cariño inmenso y ser un ejemplo de vida a seguir.

Agradecimiento sincero, a mi director de tesis Ing. Miguel Aragón, a mis asesores; Ing. María José Romero, Ing. Armando Manosalvas, Dr. Tito Mendoza, así como muchos docentes de la Universidad Técnica del Norte, quienes me brindaron la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos científicos, de igual manera gracias por la paciencia, tiempo y recomendaciones brindadas, para culminar con éxito el trabajo de titulación y las ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Gustavo Aguinaga

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, quien me guio por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante sin desmayar ante los problemas que me suscitaban, el darme la paciencia, la virtud y el encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad.

A mis padres José Aguinaga y Martha Chalacán, por demostrarme su amor y ser el apoyo moral en todo momento, por ayudarme a salir adelante sin importar las decisiones que tome. A mis hermanos quienes supieron extenderme su mano y aportarme de alguna manera en momentos difíciles. A mi querida Cinthya a quien le agradezco infinitamente su apoyo incondicional, y que sin dudarlo ni un segundo ella me supo ayudar en todo momento cuando lo necesitaba. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su ayuda, así como también por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación académica y en general este trabajo está dedicado a las personas quienes siempre supieron brindarme una mano amiga y apoyarme a conseguir el éxito profesional.

Gustavo Aguinaga

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	I
ÍNDICE DE CONTENIDOS	II
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS	XX
RESUMEN.....	XXII
CAPÍTULO I.....	24
INTRODUCCIÓN	24
1.1 Antecedentes	24
1.2 Problema	25
1.3 Justificación.....	25
1.4 Objetivos	26
1.4.1 Objetivo general	26
1.4.2 Objetivos específicos	26
1.5 Hipótesis.....	26
CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Origen de la tilapia negra en la piscicultura.....	27
2.2 Taxonomía.....	27
2.3 Morfología y anatomía.....	28
2.3.1 Morfología.....	28
2.3.2 Anatomía (sistema digestivo).....	29
2.4 Especies de tilapia cultivadas en el Ecuador.....	30
2.4.1 Tilapia roja (<i>Oreochromis mossambicus</i>)	30

2.4.2 Tilapia negra (<i>Oreochromis niloticus</i>)	30
2.4.3 La tilapia en el Ecuador.....	31
2.4.4 Producción de tilapia negra en Ecuador.....	31
2.5 Aspectos biológicos	32
2.5.1 Hábito alimenticio.....	32
2.5.2 Crecimiento	32
2.5.3 Reproducción	33
2.5.4 Rendimiento a la cosecha.....	34
2.6 Sistemas de cultivos de la tilapia	34
2.6.1 Cultivo extensivo	34
2.6.2 Cultivo semi-intensivo	35
2.6.3 Intensivo.....	35
2.6.4 Super-intensivo	35
2.6.5 Cultivo en jaulas.....	35
2.7 Instalaciones del cultivo de tilapia	36
2.7.1 Selección del sitio para construcción de estanques.....	36
2.7.2 Características del suelo.....	36
2.8 Calidad del agua en el estanque	37
2.8.1 Oxígeno disuelto en el agua	37
2.8.2 pH del agua	37
2.8.3 Alcalinidad del agua.....	37
2.8.4 Dureza del agua.....	38
2.8.5 Temperatura del agua.....	38
2.8.6 Turbidez del agua.....	38
2.8.7 Amoníaco presente en el agua.....	38

2.8.8 Nitratos y nitritos.....	39
2.9 Diseño y construcción de estanques.....	39
2.9.1 Manejo del estanque.....	40
2.9.1.1 Encalado.....	40
2.9.1.2 Fertilización.....	41
2.10 Aclimatación y siembra de alevines.....	41
2.11 Alimentación.....	42
2.12 Reproducción.....	44
2.13 Cosecha.....	45
2.14 Sacrificio y empacado.....	45
2.15 Información nutricional del filete de tilapia.....	45
2.15.1 Evaluación de la calidad del filete.....	46
2.15.1.1 Método del índice de calidad (QIM).....	47
2.15.1.2 Método Torry (Torry Research Station).....	47
2.16 Enfermedades.....	50
2.16.1 Salinidad.....	51
2.17 Materias primas usadas para alimentos balanceados.....	51
2.17.1 Elaboración de harina.....	52
2.17.2 Harina de maíz duro.....	52
2.17.3 Torta de soya.....	52
2.17.4 Harina de trigo.....	53
2.18 Características de una buena materia prima.....	53
2.19 Generalidades de las leguminosas.....	54
2.20 Origen de la guaba (<i>Inga spp.</i>).....	55
2.20.1 Taxonomía.....	55

2.20.2 Descripción botánica.....	55
2.20.3 Fenología.....	56
2.20.4 Características del fruto.....	56
2.20.5 Usos de la guaba (<i>Inga spp.</i>).....	57
2.20.6 Guaba (<i>Inga spp.</i>) como materia prima.....	57
2.20.7 Factores anti-nutricionales	58
2.21 Metodología de formulación de balanceados.....	60
2.21.1 Programación lineal	60
2.21.2 Ecuaciones simultaneas.....	60
2.21.3 La prueba y error.....	60
2.21.4 Cuadrado de Pearson.....	60
2.22 Cualidades esenciales de un alimento balanceado	61
2.22.1 Atractabilidad.....	61
2.22.2 Palatabilidad.....	61
2.22.3 Estabilidad.....	61
2.23 Tipos de balanceados	62
2.23.1 Purificados.....	62
2.23.1 Semi-purificados	62
2.23.2 Prácticos	62
2.24 Tipos de mezclas en alimentos balanceados	62
2.24.1 Peletización	62
2.24.2 Extrusión	62
2.25 Preparación y presentación del alimento balanceado.....	62
2.26 Evaluación de la calidad del alimento balanceado.....	63
CAPÍTULO III.....	64

3. MATERIALES Y MÉTODOS	64
3.1 Caracterización del área de estudio	64
3.1.1 Ubicación política, geográfica y características agroclimáticas	64
3.2 Materiales y equipos	65
3.2.1 Materiales de instalación del estanque piscícola.....	65
3.2.2 Infraestructura	65
3.2.3 Materiales biológicos	66
3.2.4 Materias primas.....	66
3.2.5 Equipos, instrumentos y maquinaria.....	66
3.2.6 Insumos	66
3.2.7 Materiales y equipos de oficina.....	67
3.3 Metodología	67
3.4 Factor en estudio	67
3.5 Tratamientos.....	67
3.6 Diseño Experimental.....	67
3.7 Características del experimento	68
3.8 Características de la unidad experimental.....	68
3.9 Análisis estadístico.....	68
3.10 Análisis funcional.....	68
3.11 Variables	69
3.11.1 Variables evaluadas	69
3.11.1.1 Consumo de alimento (g):.....	69
3.11.1.2 Ganancia de peso (g).....	69
3.11.1.3 Longitud total (cm)	69
3.11.1.4 Conversión alimenticia.....	70

3.11.1.5 Mortalidad (%)	70
3.11.1.6 Rendimiento a la canal (%)	70
3.11.1.7 Palatabilidad, atractabilidad y estabilidad del pellet	70
3.11.1.8 Análisis de aceptabilidad.....	71
3.11.1.9 Análisis económico	71
3.12 Manejo específico del experimento	72
3.12.1 Selección del sitio experimental.....	72
3.12.2 Análisis de materias primas	72
3.12.3 Elaboración de harina de guaba	73
3.12.3.1 Rendimiento de la harina de guaba	74
3.12.3.2 Relación en porcentajes a las diferentes partes del fruto semilla, pulpa y vaina	74
3.12.3.3 Cantidad de fruto completo	74
3.12.3.4 Peso de semilla y pulpa en relación al peso de materia seca.....	75
3.12.4 Método para la elaboración del balanceado	75
3.12.5 Elaboración de una dieta balanceada para tilapia negra en etapa de engorde.....	76
3.12.6 Peletizado del balanceado	77
3.12.7 Adecuación del área experimental	78
3.12.8 Llenado del estanque.....	79
3.12.9 Encalado del estanque	79
3.12.10 Construcción de jaulas	79
3.12.11 Fertilización del estanque.....	79
3.12.12 Adquisición de animales	80
3.12.13 Fase de aclimatación	80
3.12.14 Alimentación	80
3.12.15 Parámetros de calidad del agua	80

3.12.15.1 Oxígeno disuelto	81
3.12.15.2 Medición de la temperatura.....	81
3.12.15.3 Turbidez del agua.....	81
3.12.15.4 pH del agua	81
3.12.15.5 Análisis de nitratos.....	82
3.12.15.6 Análisis de nitritos.....	82
3.12.15.7 Análisis de amonio.....	82
3.12.15.8 Análisis de fosfatos	82
3.12.15.9 Alcalinidad	82
3.12.15.10 Dureza	82
3.12.16 Muestreos	83
3.12.17 Cosecha de peces.....	83
CAPITULO IV	84
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	84
4.1 Consumo de alimento.....	84
4.2 Ganancia de peso.....	85
4.3 Longitud total	88
4.4 Conversión alimenticia.....	90
4.5 Rendimiento a la canal	92
4.6 Mortalidad.....	94
4.7 Análisis de aceptabilidad.....	95
4.8 Análisis económico	97
4.9 Prueba de hipótesis o confirmación	97
CAPÍTULO V	98
5.1 CONCLUSIONES	98

5.2 RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la tilapia negra (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	28
Tabla 2 Estructura del suelo.....	37
Tabla 3 Parámetros de calidad del agua para el cultivo de tilapia	39
Tabla 4 Tipos de cal para el encalado de estanques.....	40
Tabla 5 Dosis utilizada en estanques para el abonado (fertilización)	41
Tabla 6 Requerimientos de vitaminas y minerales para tilapia	42
Tabla 7 Requerimientos de aminoácidos para tilapia con un peso mayor o igual a 100 g	43
Tabla 8 Requerimientos de macronutrientes y micronutrientes para la tilapia.....	43
Tabla 9 Requerimiento nutricional de todo el ciclo de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	44
Tabla 10 Parámetros del manejo alimenticio por ciclo de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	44
Tabla 11 Composición nutricional del filete de tilapia negra	46
Tabla 12 Descripción de los atributos aplicados en el análisis sensorial de pescados	48
Tabla 12 Tratamientos para las enfermedades más comunes de la tilapia.....	50
Tabla 13 Cantidad de sal a colocar de acuerdo al volumen de agua.....	51
Tabla 14 Contenido máximo de humedad e impurezas permitidas en materias primas	51
Tabla 15 Composición proximal de algunas fuentes proteicas de origen vegetal	53
Tabla 16 Niveles de inclusión de materias primas en las dietas de peces y crustáceos	54
Tabla 17 Taxonomía de la guaba (<i>Inga spp.</i>).....	55
Tabla 18 Análisis químico de las fracciones del fruto de la <i>Inga spp.</i>	58
Tabla 19 Micro y macro elementos de las fracciones del fruto de la <i>Inga spp.</i>	58
Tabla 20 Contenido de inhibidores de tripsina en muestras de semilla y harinas de <i>Inga spp.</i>	59
Tabla 21 Contenido de proteína de harinas de guaba cruda y cocida (<i>Inga spp.</i>).....	60
Tabla 22 Descripción de tratamientos evaluados.	67
Tabla 23 Esquema del análisis de varianza de un diseño completamente al azar (D.C.A.)	68
Tabla 24 Ficha de evaluación sensorial del filete de tilapia negra fresco y cocido al vapor ...	71
Tabla 25 Análisis bromatológico de materias primas en base seca	72
Tabla 26 Métodos analizados en las diferentes materias primas utilizadas	73
Tabla 27 Análisis de proteína de harina de guaba (<i>Inga spp.</i>).....	73
Tabla 28 Necesidades nutricionales de la tilapia en etapa de engorde.....	75
Tabla 29 Peso promedio en la variable ganancia de peso	85

Tabla 30 Análisis de varianza de la ganancia de peso	86
Tabla 31 Prueba dms fisher al 5% para tratamientos	87
Tabla 32 Datos de la variable incremento de longitud.....	88
Tabla 33 Análisis de varianza para la variable longitud total	88
Tabla 34 Prueba dms fisher al 5% para tratamientos	89
Tabla 35 Datos de la variable conversión alimenticia	90
Tabla 36 Análisis de varianza de la conversión alimenticia	90
Tabla 37 Prueba dms de fisher al 5% para tratamientos	91
Tabla 38 Datos de la variable rendimiento a la canal	93
Tabla 39 Análisis de varianza del rendimiento a la canal	93
Tabla 40 Prueba dms fisher al 5% para tratamientos	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología externa de la tilapia.....	29
Figura 2. Anatomía de la tilapia.....	30
Figura 3. Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	31
Figura 4. Exportaciones de Tilapia Ecuatoriana a Estados Unidos de 1993 a 2017	32
Figura 6. Curvas de crecimiento típicas en animales terrestres (a) y peces (b)	33
Figura 5. Partes indispensables de un estanque para tilapia.....	40
Figura 6. Árbol de guaba (<i>Inga spp.</i>)	56
Figura 7. Mapa ubicación de la unidad experimental	65
Figura 8. Proceso de elaboración de harina de guaba y balanceado artesanal para tilapia	78
Figura 9. Kit de análisis de agua	81
Figura 10. Consumo de alimento semanal	84
Figura 11. Ganancia de peso semanal	86
Figura 12. Ganancia de peso por tratamiento.....	87
Figura 13. Longitud total (cm) desde la boca a la cola del pez.....	89
Figura 14. Conversión alimenticia	91
Figura 15. Conversión alimenticia semanal	92
Figura 16. Rendimiento a la canal.....	94
Figura 17. Mortalidad.....	95
Figura 18. Análisis de aceptabilidad	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ilustración del ensayo vista aérea	109
Anexo 2. Ilustración del ensayo vista lateral.....	109
Anexo 3. Análisis bromatológico de la harina de guaba (semilla y pulpa).....	110
Anexo 4. Análisis bromatológico de la harina de maíz y melaza	111
Anexo 5. Análisis bromatológico de torta de soya y harina de trigo	112
Anexo 6. Elaboración de harina de <i>Inga</i> spp.	113
Anexo 7. Cálculo para elaboración de la dieta balanceada de tilapia negra engorde.	113
Anexo 8. Elaboración de un balanceado artesanal con inclusión de harina de <i>Inga</i> spp.	113
Anexo 9. Ubicación del área de estudio.....	114
Anexo 10. Construcción y llenado del estanque	114
Anexo 11. Encalado o desinfección del estanque antes del inicio del experimento	115
Anexo 12. Construcción y colocación de jaulas	115
Anexo 13. Preparación del fertilizante y riego del mismo en el agua del estanque.....	116
Anexo 14. Compra, aclimatación y colocación de juveniles de tilapia negra en jaulas.....	116
Anexo 15. Alimentación con balanceado comercial.....	117
Anexo 16. Primera toma de datos peso y longitud total	117
Anexo 17. Análisis de calidad del agua	118
Anexo 18. Registro semanal de los parámetros de calidad del agua del estanque.....	119
Anexo 19. Toma de datos de peso y longitud en 12 semanas.....	119
Anexo 20. Morfometría al final del experimento.....	120
Anexo 21. Proceso realizado para determinar el análisis de aceptabilidad.....	120
Anexo 22. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde T1.	121
Anexo 23. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde T2.	122
Anexo 24. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde T3.	123
Anexo 25. Costos de materias primas e insumos	124
Anexo 26. Costo de balanceado elaborado con diferentes niveles de inclusión de guaba.....	124
Anexo 27. Costo por mano de obra.....	124
Anexo 28. Costo mano de obra por tratamiento	124
Anexo 29. Costo de animales.....	124

Anexo 30. Costo total del alimento consumido	125
Anexo 31. Costo total de engorde de tilapia	125
Anexo 32. Costo por kilogramo de tilapia cosechada.....	125
Anexo 33. Utilidad por kilogramo de tilapia	125

TÍTULO: Inclusión parcial de harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde.

Autor: Gustavo Alexander Aguinaga Chalacán

Director de trabajo de titulación: Ing. Miguel Vinicio Aragón Esparza, M.Sc.

Año: 2019

RESUMEN

La producción de Tilapia en el Ecuador presenta un alcance comercial de suma importancia, ya que es un pez de fácil adaptabilidad a condiciones ambientales adversas y tipo de alimentación favoreciendo así su crecimiento, además el filete es apetecido en el mercado local, nacional e internacional por su alto contenido nutricional, costo favorable, con una rentabilidad de 40 mil Tm/año y una utilidad de 60 mil USD/ha/año. A fin de lograr una producción sostenible se procedió a ensayar en las dietas balanceadas, materias primas no tradicionales como la harina de guaba (semilla y pulpa) en estado seco, misma que presenta un alto contenido de minerales (4.19%). El propósito de esta investigación consistió en evaluar dos niveles de inclusión a base de semilla y pulpa de *Inga spp.* en la alimentación de tilapia negra en la etapa de engorde, frente a un testigo representado por un balanceado tradicional (T1:15%; T2:30%; T3:0%). Los resultados mostraron ser no significativos pero positivos numéricamente, donde el T2 respecto al consumo de alimento alcanzó los mejores resultados con una ingesta de 91,87 g/pez, una conversión alimenticia de 3 y un rendimiento a la canal del 79,64%, mientras que el T1 destacó con una ganancia de peso de 97,50 g, una longitud de 20,92 cm, un análisis de aceptabilidad del filete (crudo y cocido) con excelentes cualidades, registrando una mortalidad promedio del experimento de 4.44% y un análisis económico (costo-beneficio) representativo para el T1 con una utilidad de 0,05 dólares.

En conclusión el T1 con 15% de inclusión de harina de guaba tuvo mejores resultados sin afectar los parámetros establecidos en la etapa de engorde y eficiencia nutritiva del mismo, sin embargo no se recomienda aplicar en la formulación de balanceados para tilapia en etapa de engorde por su bajo contenido de proteína.

Palabras clave: leguminosas, pez omnívoro y dietas balanceadas.

TITLE: Partial Inclusion of seed-based flour and guava pulp (*Inga spp*) In the feeding of black tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the fattening stage.

Author: Gustavo Alexander Aguinaga Chalacan
Director of Degree Work: Ing. Miguel Vinicio Aragon Esparaza, M. Sc.
Year: 2019

SUMMARY

The production of Tilapia in Ecuador presents a commercial scope of utmost importance because it is a fish of easy adaptability to adverse environmental conditions and food supply, thus favoring its growth. The fillet is desired in the local, national and international markets. It has a high nutritional content, favorable cost, with a profitability of 40 thousand tons per year and a profit of 60 thousand dollars per hectare per year. In order to achieve sustainable production, non-traditional raw materials such as guava flour (seed and pulp) in the dry state, which has a high content of minerals (4.19%), were tested in balanced diets. The purpose of this research was to evaluate two levels of inclusion based on the seed and pulp of *Inga spp*. In the feeding of black tilapia in the fattening stage, in front of a witness, represented a traditional balance (T1: 15%, T2: 30%, T3: 0%). The results showed to be non-significant but positive numerically, where T2 regarding to food consumption reached the best results with an intake of 91.87 g / fish, a feed conversion of 3 and a yield to the carcass of 79.64%, while T1 stood out with a weight gain of 97.50 g, a length of 20.92 cm. An analysis of fillet acceptability (raw and cooked) with excellent qualities, registers average mortality in the experiment of 4.44% and an economic analysis (cost-benefit) representative for T1 with a profit of 0.05 dollars.

In conclusion, T1 with 15% inclusion of guava flour had better results without affecting the parameters established in the stage of fattening and nutritional efficiency of the same, however, it is not recommended to apply in the formulation of a balanced diet for tilapia in the fattening stage because of its low protein content.

Key Words: Legumes, Omnivorous Fish, and Balanced Diet.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La acuicultura es una actividad potencial para diversificar el uso del suelo, ya que el agua de desecho del cultivo de peces puede ser utilizada en el riego de áreas agrícolas, para incrementar la producción y los beneficios a través de la práctica de acuicultura integral, usando recursos locales de bajo costo con tecnologías extensivas y semi-intensivas, más apropiadas para la escasa base de recursos que poseen los productores (Poot, 2012).

La tilapia, es uno de los peces con mayor resistencia a enfermedades, condiciones ambientales adversas, bajas concentraciones de oxígeno, aceptación de dietas suplementadas artificiales, además de soportar altas densidades en cultivos que van desde el extensivo al super-intensivo (Zambrano, 2013) (CEDRESSA, 2015).

Por otra parte Martínez, Chávez, Olvera y Abdo de la Parra (2010) mencionan que las leguminosas están consideradas como fuente de proteína (pulpa 6.75% y semilla 23.05% de guaba) y energía vegetal alternativa con características nutricionales que pueden reemplazar el uso de harina de pescado en formulación de balanceados acuícolas (hasta el 100% para tilapia).

La tilapia al ser una especie omnívora es capaz de aprovechar dietas balanceadas a partir de materias primas de origen vegetal tales como la torta de soya, harina de moringa, harina de morera, torta de girasol entre otras fuentes vegetales, lo que hace quizá de esta especie apta para la alimentación de guaba (*Inga spp.*) (Rincón, et al., 2012).

La harina de semilla de *Inga spp.* contiene 50 mg de inhibidor de la tripsina, el cual puede ser disminuido con un proceso térmico al horno durante 60 minutos. La semilla y pulpa de la misma podrían ser útiles en la alimentación de peces omnívoros como la tilapia, que pueden metabolizar desechos vegetales, subproductos, logrando un excelente aprovechamiento de una cantidad y calidad de alimentos a precios módicos (Bressani, et al., 2010).

1.2 Problema

En la actualidad la producción de *Inga* spp. en las diferentes zonas del país se estima que de cada diez agricultores dos se dedican al cultivo de la misma, mientras que el resto a diferentes actividades pecuarias, agrarias y de minería. Cabrera (2013) estimó que las diferentes variedades de *Inga* spp., se da un desaprovechamiento en biomasa de 225 kg/árbol/año, particularmente de la vaina (semillas y pulpa) a la cosecha y post-cosecha 90 kg/ha/año, lo cual ocasiona gran cantidad de biomasa vegetal desperdiciada, especialmente de aquellas variedades cultivadas como cerco vivo además de las que sirven de sombra para el ganado en fincas.

Por otra parte en la parroquia de Lita la producción de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*), tiene un costo elevado debido a la construcción de piscinas con características indispensables para una buena explotación de esta especie y el desconocimiento de balanceados formulados a partir de materias primas alternativas de origen vegetal y animal, que contribuyan con el valor nutricional óptimo, reduciendo considerablemente los costos de producción de la tilapia, influyendo al acuicultor para que este lo vea como una alternativa de trabajo.

1.3 Justificación

La acuicultura desde hace ya varios años ha ido creciendo de manera sustentable y sostenible produciendo proteína de alta calidad a precios módicos, desarrollando un impacto económico y social importante, mejorando la calidad de vida al ofrecer alimento de alto contenido nutricional a la población mundial (Zambrano, 2013).

Por otro lado la *Inga* spp. hoy en día, al no poseer un valor económico, podría ofertar a los acuicultores y compañías productoras de alimentos balanceados una fuente nutricional alternativa, en diferentes zonas del país permitiendo reducir la presión sobre las pesquerías, al disminuir la demanda por la harina de pescado (Bressani, et al., 2010). Independientemente de su contenido de inhibidores de tripsina que se logran desnaturalizar gracias al calor con tratamientos térmicos que van desde los 30 a 60 minutos.

Por cada uno de los aspectos anteriormente mencionados el propósito de esta investigación fue el ensayar con distintos niveles de inclusión de guaba (semilla y pulpa) en la alimentación de

tilapia en etapa de engorde, para determinar qué nivel de inclusión es el más propicio para la especie. De tal manera que se pueda ofrecer una fuente energética alternativa en la alimentación de la tilapia.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar el nivel óptimo de inclusión de la harina de guaba (pulpa y semilla) en la alimentación de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de engorde.

1.4.2 Objetivos específicos

- 1.- Formular una dieta balanceada para tilapia en la etapa de engorde con la inclusión de la harina de guaba (pulpa y semilla).
- 2.- Evaluar la calidad nutricional de la harina de *Inga* spp., en las dietas formuladas.
- 3.- Valorar los índices de conversión alimenticia y los parámetros de crecimientos de la especie en los tres tratamientos.
- 4.- Optimizar el uso y costo de producción del alimento balanceado.

1.5 Hipótesis

Ho. La inclusión de la harina de *Inga* spp. (semilla y pulpa) en las dietas de tilapia no afecta los parámetros de engorde y eficiencia nutritiva de la misma.

Ha. La inclusión de la harina de *Inga* spp. (semilla y pulpa) en las dietas de tilapia afecta los parámetros de engorde y eficiencia nutritiva de la misma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la tilapia negra en la piscicultura

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), originaria de África, tal como su nombre lo indica, era consumida por los antiguos egipcios hace más de tres mil años. El nombre de tilapia fue empleado por primera vez por Smith en 1840. Hoy en día es el pez con mayor producción y el segundo en el mundo. La preferencia de la misma en el mercado productor y consumidor moviliza a los científicos, que investiguen formas de mejoramiento genético, enfermedades y tratamientos, e inclusive distintas maneras de comercializar el producto (Oliveira, 2016).

La necesidad de producir proteína de alta calidad a bajos costos hace que la acuicultura se la vea como una forma de desarrollar una fuente económica sostenible y sustentable con impacto social (Zambrano, 2013).

2.2 Taxonomía

La tilapia pertenece a un grupo de peces de 100 especies pertenecientes a la familia de los cíclidos (Cichlidae), que ha sido dividida en cuatro géneros *Oreochromis*, *Tilapia*, *Srotherodon* y *Danakilia* pertenecientes a la Tribu Tilapiini, siendo los más comerciales los primeros tres géneros anteriormente mencionados (Bolaños, 2015). La clasificación taxonómica (Tabla 1) de *Oreochromis niloticus* fue dada por Linnaeus en 1758.

Tabla 1*Clasificación taxonómica de la tilapia negra (Oreochromis niloticus)*

Taxonomía de la tilapia negra	
Reino:	Animalia
Clase:	Teleostomi
Subclase:	Actinopterygii
Serie:	Pisces
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Subfamilia:	Pseudocrenilabrinae
Tribu:	Tilapiini
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>O. niloticus</i>
Nombre científico:	<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus
Nombre común:	Tilapia Negra (Tilapia del Nilo)

Fuente: Zambrano (2013)

2.3 Morfología y anatomía

2.3.1 Morfología

La tilapia sigue la misma anatomía corporal que el resto de vertebrados, aunque con características propias según la familia y especie. Su cuerpo se divide en cabeza, tronco y cola, donde la cabeza ocupa desde el hocico hasta el final del opérculo o de las hendiduras branquiales en los elasmobranquios, seguidamente se encuentra el tronco, donde se alojan la mayoría de los órganos, además de las aletas pares y llega hasta el ano, la cola abarca desde el pedúnculo caudal hasta el final de la aleta caudal (Gutiérrez y Lasso, 2012), llegando a medir 60 cm de largo con un peso de 4.30 kg, con una vida promedio de más de 10 años (CONABIO, 2014), (Figura 1).

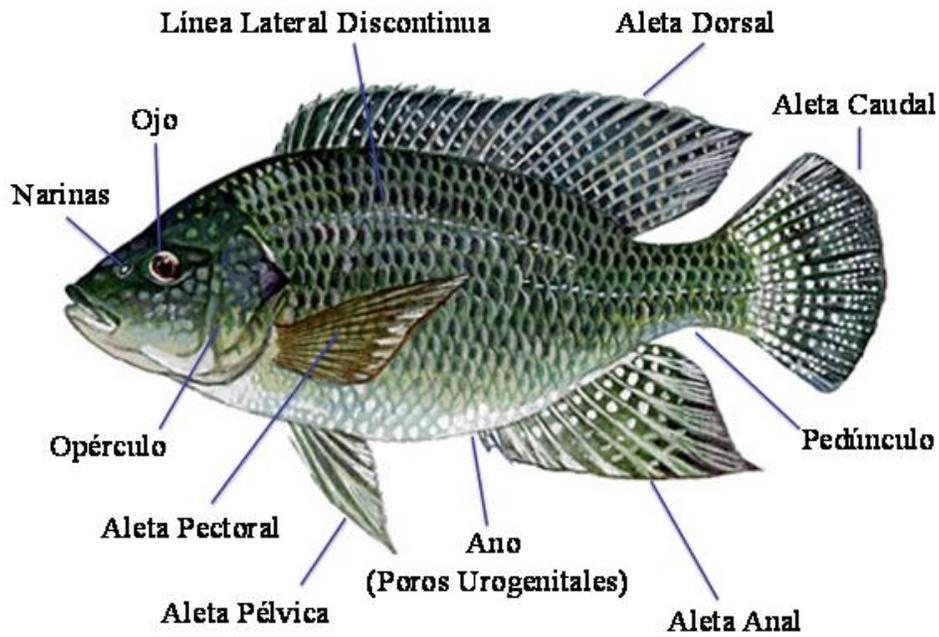


Figura 1. Morfología externa de la tilapia

Fuente: Basualdo et al., (2012)

2.3.2 Anatomía (sistema digestivo)

La tilapia negra consta de una anatomía interna típica de un omnívoro, tiene espinas a lo largo de los arcos del cartílago que sostienen a las branquias y con estas el pez puede filtrar alimento presente en el agua que pasa por su boca y es conducida a la faringe y esófago terminando en el sistema digestivo del pez, además cuenta con pequeños dientes y un estómago que no es anatómicamente evidente (Beltran, 2016), (Figura 2).

El intestino tiene un largo de seis a siete veces la longitud de su cuerpo, la primera porción del intestino presenta secreción de ácido y pH bajo para promover el desdoblamiento de las paredes celulares de bacterias, algas y alimentos balanceados; se estima que el tiempo que el alimento se demora en pasar por el tracto digestivo es de ocho a 24 horas (Beltran, 2016), (Figura 2).

Barahona (2012) menciona que los órganos como el hígado o páncreas, al ser parte del aparato digestivo, realizan funciones favorables a la digestión, por ejemplo, la regresión de la bilis e incluso en la generación de sustancias de reservas, como es el caso de la formación de glucógeno muscular.

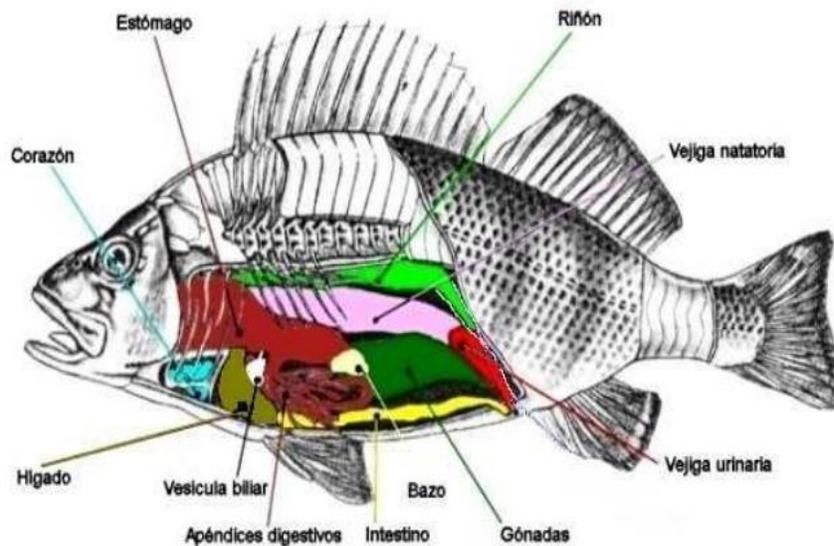


Figura 2. Anatomía de la tilapia

Fuente: Basualdo et al., (2012)

2.4 Especies de tilapia cultivadas en el Ecuador

2.4.1 Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*)

Lleva este nombre por tener una coloración rojiza, rosácea o amarillenta, de rápido crecimiento al igual que su predecesora la tilapia negra. Al ser un pez híbrido se vuelve más difícil su manejo por los requerimientos rigurosos que necesita esta especie de las *Oreochromis* (Morejón y Valenzuela, 2011).

2.4.2 Tilapia negra (*Oreochromis niloticus*)

El cultivo de tilapia en estanques abarca entre las más conocidas: la tilapia del Nilo o tilapia negra (Figura 3), conocida por su alto rendimiento y por ser una especie que se adapta bien en aguas poco profundas (Brito, Guevara y Endañú, 2014). En general el género *Oreochromis* posee condiciones favorables para el cultivo comercial, siendo el Ecuador el país más importante dentro de la producción en el año 2009 con una producción de 37 461 toneladas (FAO, 2010).



Figura 3. Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)
Fuente: Rodríguez (2017)

2.4.3 La tilapia en el Ecuador

La tilapia negra (*Oreochromis niloticus*), llega por primera vez al Ecuador en el año 1974 desde el Brasil, a raíz de la crisis camaronera con la aparición del virus de la mancha blanca y la enfermedad de Taura, quedando abandonados estanques, dando lugar al cultivo de la tilapia como alternativa acuícola a partir de la década de los 90 (Bolaños, 2015).

2.4.4 Producción de tilapia negra en Ecuador

La producción de Tilapia en el Ecuador presenta un alcance comercial de suma importancia (Figura 4), se adapta a diferentes condiciones ambientales que favorece a su desarrollo, apetecida en el mercado local, nacional e internacional por su alto contenido nutricional (proteína 18% a 20.8%), costo favorable, con una rentabilidad de 40 mil Tm/año y una utilidad de 60 mil USD/ha/año. Datos obtenidos en el año 2018 de 282 373 USD con una disminución del 12% con respecto al año 2017 según la Cámara Nacional de Acuicultura (2018).

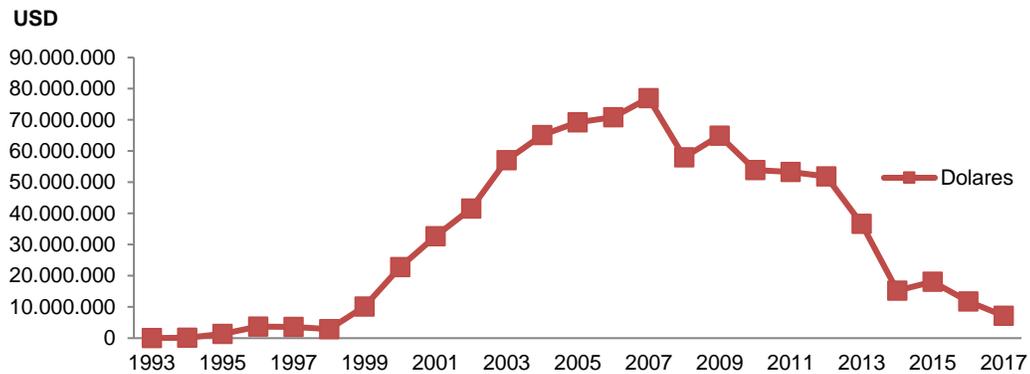


Figura 4. Exportaciones de Tilapia Ecuatoriana a Estados Unidos de 1993 a 2017
Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2018)

2.5 Aspectos biológicos

2.5.1 Hábito alimenticio

Lorenzo (2011) sostiene que el género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por la facilidad de ingerir la mayor cantidad de alimentos ya sean de origen vegetal o animal, variando su dieta desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton. La *Oreochromis niloticus* exhibe una plasticidad trófica de acuerdo al ambiente y a otras especies con las que coexiste (Brito, et al., 2014).

2.5.2 Crecimiento

La tilapia posee un crecimiento acelerado a comparación de otros peces teniendo en cuenta que las necesidades son básicas para su desarrollo como muestra la Tabla 3, se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimento y a distintas formas de alimentación alcanzando pesos promedio de tres peces por libra en un tiempo de 150 días a densidades de tres a cinco peces por metro cúbico, con un peso inicial de 10 g y adquiriendo un peso final de 200 g listos para ser comercializados (Pérez y Sáenz, 2015).

La curva de crecimiento en animales, vista como un patrón de ganancia de peso conseguido a través del tiempo, se identifica por un comportamiento prácticamente sigmoideo caracterizado por un fuerte incremento durante las etapas iniciales y juveniles, y una posterior desaceleración a medida que el animal se acerca a su estado adulto o se presentan eventos reproductivos. Algunas especies de peces, moluscos y anfibios sin embargo, son capaces de continuar creciendo más allá

de la madurez sexual o presentan crecimientos indeterminados (Figura 1) cuya regulación se atribuye a factores ambientales o genéticos que afectan la capacidad de sintetizar fibras musculares (Arce, 2014).

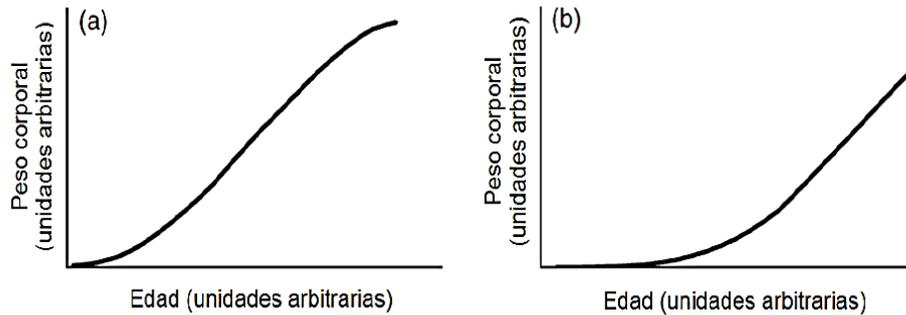


Figura 6. Curvas de crecimiento típicas en animales terrestres (a) y peces (b)
Fuente: Arce (2014)

El comportamiento de la curva (b) puede explicarse gracias a la estrecha relación que existe entre el crecimiento y la concentración de ácidos nucleicos en los peces, de forma que el contenido de ADN es relativamente más estable que el ARN y está más asociado con el número de células o actividad mitótica (Arce, 2014).

2.5.3 Reproducción

La Tilapia generalmente alcanza la madurez e inicia la reproducción a un tamaño de 12 cm y un peso aproximado de 32 g, aunque en altas poblaciones se ha observado hembras de nueve centímetros incubando huevos. Según Poleo (2015) una tilapia de 500 g de peso llega a producir entre 1000 a 1.500 huevos, además llega a tener de ocho a 10 incubaciones.

Este pez alcanza su madurez sexual a partir de los tres a cuatro meses, es una de las especies más prolíficas. Los machos poseen un aparato reproductor de aspecto de pequeños sacos alargados (gónadas) y en hembras de forma tubular alargada de diámetro variable (ovarios), además incuban los huevos en su boca durante cinco días aproximadamente hasta que eclosionan (Bolaños, 2015). Se reproducen a temperaturas comprendidas entre los 20°C a 25°C. Huevos de mayor tamaño son ideales para la eclosión y fecundación (Barahona, 2012).

2.5.4 Rendimiento a la cosecha

El manejo del cultivo se determina en función del tipo de sistema que se emplea (extensivo, semi intensivo, intensivo, hiper intensivo) en órdenes de magnitud desde 200 kg/ha en estanques rústicos hasta 100 000 kg/ha en cultivo hiper intensivo, utilizando jaulas suspendidas de bajo volumen (en cuerpos de agua apropiados) los rendimientos están comprendidos entre 50 kg/m³ y 300 kg/m³ en términos de rendimiento en la cosecha (Luna, et al., 2017).

2.5.5 Conversión alimenticia o índice de conversión alimenticia (ICA)

En animales en crecimiento generalmente se expresa (CA) como la relación entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso vivo logrado durante un período de prueba y por lo general se lo mide en kilogramos (kg). Esta relación es generalmente llamada Relación de Conversión Alimenticia (RCA) e incluye la totalidad de los alimentos consumidos, independientemente sea utilizado para mantenimiento o crecimiento de los tejidos (Paz, et al., 2019). La Fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Kilogramos de alimento}}{\text{Kilogramos de carne producida}}$$

Este carácter, fácilmente hereditario, pero decididamente influido por la calidad del forraje empleado, permite saber qué animal o grupo de ellos saben convertir mejor el alimento en carne, y, en consecuencia, cuántos kilogramos de alimento son necesarios para que el animal aumente un kg de peso. De esta manera podemos saber de un modo bastante aproximado cuál es el valor nutritivo del alimento empleado, porque un animal, para hacer frente a sus necesidades y aumentar de peso, ingiere tanto más alimento cuanto menor es el poder nutritivo de éste (Paz, et al., 2019).

2.6 Sistemas de cultivos de la tilapia

2.6.1 Cultivo extensivo

Ideal para proyectos pequeños de subsistencia, con bajos o ninguna reposición de agua, baja densidad de siembra de 0.5 a 2 peces por m², sin uso de alimento concentrado, los peces se alimentan de plancton (Ríos, 2012).

2.6.2 Cultivo semi-intensivo

Se realiza en micropresas y estanques. La alimentación natural se fomenta mediante la fertilización de estanques; adicionalmente se agrega alimento peletizado con bajo contenido de proteína. Los rendimientos en este sistema están entre 7-10 t/ha/año y densidades de siembra superiores al anterior (Méndez, 2018).

2.6.3 Intensivo

Aquí la densidad de siembra es un poco mayor de 6 a 20 peces por m² solo se utiliza concentrado para peces, los recambios de agua son mayores al 50% por día y la densidad de siembra está por el rango de 21 a 50 peces por m² y es ideal para proyectos netamente comerciales. Normalmente se desarrollan en piletas de concreto, estanques de tierra y jaulas de bajo volumen (Ríos, 2012).

2.6.4 Super-intensivo

En este sistema se utilizan estanques de cemento o tierra. Se caracteriza por una alta demanda de suficiente agua, oxígeno, alimento y demás insumos de gran calidad. El personal encargado debe contar con un alto dominio de tecnología, dado a que se emplean sistemas automatizados. En estos sistemas cerrados, el agua se recicla y se obtiene un rendimiento de más de 300 t/ha/año (Méndez, 2018).

2.6.5 Cultivo en jaulas

La tilapia introducida en jaulas pequeñas puede rendir mucho más, ya que dichas jaulas son más productivas debido al intercambio de agua más eficiente. El rendimiento anual a densidades de 160–350 peces/m³ puede alcanzar de 67–116 kg/m³ a una densidad de 550 alevines/m³, la producción podría ser de 330 kg/m³ de peces cosechados a 500 g en cuatro meses (Méndez, 2018).

Las jaulas pueden ser de distintos tipos dependiendo de su forma (cuadradas, rectangulares o circulares), construidas a partir de diferentes materiales y medidas. Por su ubicación pueden ocupar completamente la columna de agua, sobresaliendo un 15 % a 20 % de su altura, pueden

estar flotando a ras de la superficie, a media agua o inclusive en el fondo del estanque (Poleo, 2015).

2.7 Instalaciones del cultivo de tilapia

2.7.1 Selección del sitio para construcción de estanques

La ubicación del estanque dependerá de la disponibilidad, cantidad y calidad de agua la cual debe provenir de vertientes naturales, lagos, ríos para asegurar la vida del pez además se debe tomar en cuenta aspectos esenciales en una explotación piscícola (Poleo, 2015) como los detallados a continuación:

2.7.2 Características del suelo

Los suelos de limo o arcilla, o una mezcla de ambos, con una pequeña proporción de arcilla en su contenido son los ideales para la construcción de estanques. Se recomienda 60% de arcilla como máximo. Las muestras que permiten analizar los suelos, deben tomarse hasta una profundidad mayor al metro, con el objeto de obtener sus características físicas y químicas (Huidobro y Luchini, 2012).

De acuerdo a Huidobro y Luchini (2012) el suelo es la base fundamental para la piscicultura ya que depende de este para economizar gastos en la construcción de los estanques por este motivo debe tener características primordiales para una buena instalación piscícola. El análisis granulométrico de la textura del suelo, se clasifica de acuerdo a su tamaño: arena, 0.05 mm a 2 mm; limo, 0.002 mm a 0.05 mm y arcilla, partículas inferiores a 0.002 mm.

Delgado (2011) recomienda aplicar revestimientos de concreto en caso de haber filtraciones de agua en terrenos de alta permeabilidad. El tipo de suelo ideal es aquel que contenga al menos el 20% de arcilla en su composición. La Tabla 2 muestra los diferentes tipos de suelo y su permeabilidad.

Tabla 2*Estructura del suelo*

Textura del suelo	Escala de permeabilidad	Permeabilidad
Arcilloso	Muy lenta o nula	6
Arcillo limoso	Lenta	5
Franco, franco arcilloso	Moderadamente lenta	4
Franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso	Moderada	3
Franco arenoso	Moderada a rápida	2
Arenoso	Rápida a muy rápida	1

Fuente: Jaramillo (2015)

2.8 Calidad del agua en el estanque

2.8.1 Oxígeno disuelto en el agua

El grado de saturación de oxígeno es directamente proporcional a la temperatura y el pH es inversamente proporcional a la altitud. La tilapia es de las pocas especies que sobrevive a concentraciones de 0.5 mg/l de oxígeno disuelto, esta peculiaridad se debe, en parte, a su habilidad de extraer oxígeno disuelto del film del agua de la interfase agua-aire (Brito, et al., 2014) (Tabla 3).

2.8.2 pH del agua

El rango óptimo de pH se ubica entre los 6.5 a 8.5. Valores por debajo de los óptimos ocasionan letargo, la reproducción se detiene y el crecimiento se reduce. Valores de pH por encima de 11 son mortales, ya que el amonio presente en el agua se transforma en amoniaco toxico (Brito, 2014) (Tabla 3).

2.8.3 Alcalinidad del agua

Poleo (2015) menciona que la alcalinidad está directamente relacionada con la productividad y el pH del agua, además es recomendable usar cal agrícola en el caso que presente bajo contenido de alcalinidad, una alcalinidad de aproximadamente de 40 mg/l y 400 mg/l de CaCO₃ se considera adecuada y predispuesta para fomentar la productividad en los estanques (Tabla 3).

2.8.4 Dureza del agua

La dureza se encuentra determinada por la cantidad de calcio o magnesio medida en miligramos disueltos en el agua en las cuales podemos tener aguas duras o blandas. Como aguas blandas tenemos a la lluvia mientras que la dureza es determinada con la adición de carbonato de calcio que se encuentra comúnmente en la cal ya sea esta agrícola, viva o apagada. Los peces para tener un buen crecimiento debe tener un grado de dureza por encima de los 50 mg/l (Poleo, 2015), (Tabla 3).

2.8.5 Temperatura del agua

Las tilapias son animales poiquilotermos y altamente termofílicos. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de este pez oscila entre 20°C y 32°C con variaciones de cinco grados centígrados siendo el más óptimo de 25°C, además si la temperatura es inferior a estos rangos el pez deja de alimentarse y corre el riesgo de morir, mientras que si la temperatura es igual o superior del rango máximo este acelera su crecimiento (Poleo, 2015), La *Oreochromis niloticus* es una especie con resistencia a temperaturas entre los 14°C a 33°C (Froese y Pauly, 2016), (Tabla 3).

2.8.6 Turbidez del agua

La turbidez en el agua es originada por las partículas en suspensión que forman los sistemas coloidales, es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentra suspendidas y reducen la transparencia del agua, por ende disminuye la capacidad de reacción por parte del pez al intentar capturar el alimento, la profundidad ideal se encuentra entre los 25 cm a 30 cm (Tabla 3) (Bautista y Ruiz, 2011).

2.8.7 Amoníaco presente en el agua

Los niveles de amoníaco (NH_3), necesitan ser considerados debido a su alta toxicidad. Por lo cual, es obligado realizar un análisis minucioso de la calidad del agua para evitar problemas a futuro de esta misma manera se establece que tales valores en cultivos deben ser menores a dos miligramos por litro (López, 2010), (Tabla 3).

2.8.8 Nitratos y nitritos

De acuerdo a Bautista y Ruiz (2011) los nitratos por sus propiedades físicas en concentraciones altas solo son detectados cuando afecta a la salud del animal. Niveles entre 0 a 40 ppm son seguros para peces, mayores a 80 ppm puede ser toxico. Niveles de nitritos superiores a 0.75 ppm puede provocar estrés en peces y mayores a cinco partes por millón puede ser toxico, (Tabla 3).

Tabla 3

Parámetros de calidad del agua para el cultivo de tilapia

Parámetros	Rangos ideales
pH	6.6 a 7.5
Temperatura	18 a 32 °C
Turbidez	0.30 a 0.40 m
Oxígeno disuelto	3.00 a 10.00 mg/l
Fosfatos (PO ₄)	0.50 a 1.50 mg/l
Amonio (NH ₃)	0.10 a 2.00 mg/l
Nitritos (NO ₂)	0.00 a 0.10 mg/l
Nitratos (NO ₃)	0.00 a 40.00 ppm
Dureza (GH)	50.00 a 75.00 mg/l
Alcalinidad (CaCO ₃)	40.00 a 400.00 mg/l

Fuente: Poleo (2015)

2.9 Diseño y construcción de estanques

Consiste en realizar una excavación en la tierra de un metro de profundidad, el área dependerá del sistema que se quiera aplicar y la densidad que se quiera sembrar. El estanque debe estar cerca de una fuente natural de agua, instalados con entradas y salidas de agua, separados con diques de dos a tres metros de ancho (Chumbi, 2015).

En el área elegida se debe realizar una muestra de suelo para verificar el contenido de arcilla y así saber el grado de impermeabilidad, evitando filtraciones. El método empleado para determinar la calidad del suelo es realizar un agujero de un metro de profundidad, la tierra sacada del mismo se deberá apuñar haciéndola bola sin que esta se desmorone (Chumbi, 2015).

Al fondo de los estanques es recomendable dejar una inclinación del dos al cinco por ciento con frente a la salida del agua para un buen manejo de la explotación piscícola (Balbuena, 2011), (Figura 5).

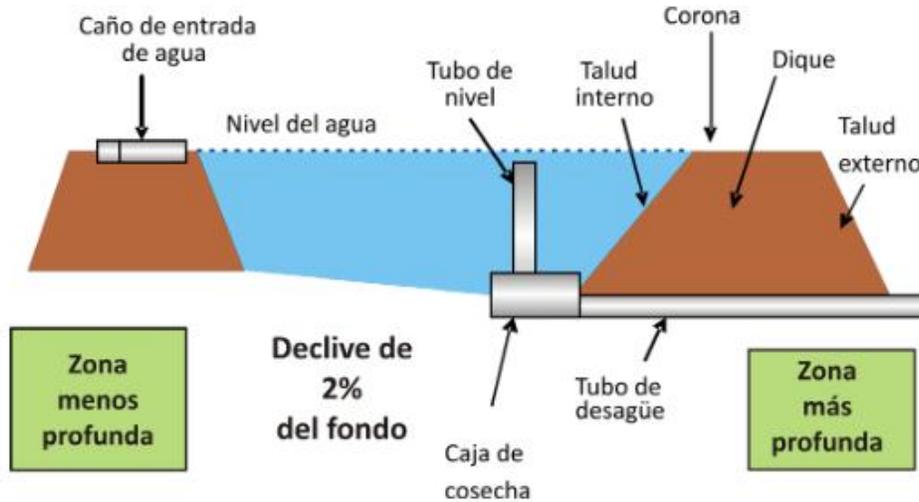


Figura 5. Partes indispensables de un estanque para tilapia
Fuente: Balbuena (2011)

2.9.1 Manejo del estanque

2.9.1.1 Encalado

El proceso de encalado dentro de la piscicultura es un paso primordial para evitar a futuro enfermedades que atacarían a los peces causando mortalidad. Además sirve como un regulador de pH del suelo y consecuentemente del agua al llenar los estanques, piscinas o lagunas en los que se cultivan peces como la tilapia (Poleo, 2015), (Tabla 4).

Tabla 4

Tipos de cal para el encalado de estanques

Tipo de cal	Cal agrícola (Carbonato de calcio)	Cal apagada (Hidróxido de calcio)	Cal viva (Óxido de calcio)
Parámetros			
Espacio del estanque (m ²)	1000	1000	1000
Cantidad (kg)	300	75 – 200	55 – 180

Fuente: Poleo (2015)

2.9.1.2 Fertilización

La productividad primaria está estrechamente relacionada con la fertilización, ya que al realizar este proceso se aporta nutrientes esenciales para las plantas y animales acuáticos como lo son las algas, fitoplancton, zooplancton, perifitón, entre otros que servirán a su vez como alimento natural del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), la cual aprovecha directamente la disponibilidad de estos alimentos con rendimientos de 10 kg/ha/día a 20 kg/ha/día (Tidwell, 2012).

Fertilizantes químicos y orgánicos (Tabla 5) actúan estimulando directamente la producción de fitoplancton dentro del estanque dando lugar a un alimento del cual la tilapia aprovecha cuando esta no es alimentada con balanceado (Poleo, 2015). Una buena producción piscícola está estrechamente relacionada con la fertilización del agua y permeabilidad del suelo en el estanque (capacidad de retener nutrientes e impedir su lixiviación) (Delgado, 2011).

Tabla 5

Dosis utilizada en estanques para el abonado (fertilización)

Tipos de abonos	Origen	Dosis diaria (g/m²)
Orgánico	Estiércol de bovino	9.50 a 20.00
	Estiércol de aves	4.50 a 8.50
	Estiércol de cerdo	4.50 a 15.00
Químico	Sulfato de amonio	7.50 a 9.50
	Superfosfato triple	15.00 a 25.00
	Nitrato de sodio	0.50 a 2.50

Fuente: Poleo (2015)

2.10 Aclimatación y siembra de alevines

La siembra se coordina con la fertilización del estanque para evitar pérdidas en la producción. Los alevines deberán llegar como mínimo una semana después de la fertilización para que tenga un buen contenido de organismos unicelulares. Es de suma importancia que las fundas en las que son transportados los alevines no les de la luz directamente y al llegar se las colocarán en el estanque por 10 a 15 minutos flotando para equilibrar la temperatura de la piscina con la funda. Finalmente se liberan los peces cuidadosamente dentro del estanque (Poleo, 2015).

2.11 Alimentación

El mejor alimento, son los organismos naturales encontrados en el estanque que proveen de los nutrientes esenciales. En algunas ocasiones, el alimento natural no se encuentra disponible en suficiente cantidad para satisfacer una adecuada nutrición y que los peces crezcan normalmente, por lo que se debe complementar con alimentos concentrados manufacturados, a intervalos regulares de tiempo (por día y semana) (Celín, 2014).

El alimento debe contener alto porcentaje de proteínas, vitaminas, ácidos grasos (aceites), aminoácidos y minerales (Poleo, 2015). En la Tabla 6, 7 y 8 se evidencian las vitaminas, aminoácidos esenciales, valor porcentual de nutrientes que las tilapias necesitan para su crecimiento.

Tabla 6

Requerimientos de vitaminas y minerales para tilapia con un peso mayor o igual a 100 g

Vitamina	Requerimiento (mg/kg de alimento concentrado)
Tiamina	0.10
Riboflavina	3.50
Piredoxina	0.50
Ácido pantoténico	3-5
Niacina	6-10
Biotina	1-0.50
Ácido fólico	0-0.50
Cianocobalamina	0.01
Inositol	300
Colina	300
Ácido ascórbico	50
Retinol	500 UI/kg
Vitamina D	200 UI/kg
Vitamina E	10
Vitamina K	0-1

Fuente: FAO (2016)

Tabla 7*Requerimientos de aminoácidos para tilapia con un peso mayor o igual a 100 g*

Aminoácido	100 g de alimento
Lisina	1.38
Metionina	0.47
Treonina	1.07
Arginina	1.14
Fenilalanina	1.56
Histidina	0.47
Isoleucina	0.84
Leucina	0.92
Triptófano	0.27
Valina	0.75

Fuente: Furuya (2010)**Tabla 8***Requerimientos de macronutrientes y micronutrientes para la tilapia*

Macronutrientes y micronutrientes	Porcentaje (%)
P	0.46 – 1.10
Ca	0.04 – 0.50
Mg	0.04 – 0.06
Zn	20.00 – 79.51
Cu	3.50 – 4.00
Mn	12.00

Fuente: Furuya (2010)

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción y otras funciones fisiológicas son semejantes a aquellos requeridos por las especies terrestres. Los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas (Tabla 9) (CTAQUA, 2017).

Tabla 9*Requerimiento nutricional de todo el ciclo de la tilapia (Oreochromis niloticus)*

Etapa	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
Alevines	45	8	4	10	12
Pre-Inicial	40	8	4	10	12
Inicial	35	7	4	10	12
Crecimiento	32	7	5	9	12
Juvenil	28	7	5	9	12
Engorde	25	5	6	9	12
Adulta	24	5	6	9	12
Reproducción	45	4	6	8	12

Fuente: FAO (2010) citado por Zambrano (2013)

Mundo tilapia (2011) manifiesta que para determinar la cantidad de alimento que se debe dar por día es necesario estimar el porcentaje de biomasa; este método consiste en tomar muestras del 10% al 15% de peces y calcular con ello el peso promedio y este a su vez multiplicarlo por el número de animales en el estanque (Tabla 10).

Tabla 10*Parámetros del manejo alimenticio por ciclo de la tilapia (Oreochromis niloticus)*

Etapa	Talla del pez (mm)	Peso del pez (g)	Tiempo edad (días)	Granulometría del pellet (mm)	Tasa de alimentación (%biomasa)	Ración del alimento (N° de veces)
Alevines	<5	<0.5	3 a 5	<0.5	7 a 10	8
Pre-Inicial	5 a 15	0.50 a 5	10 a 15	0.50 a 1.00	8 a 6	8
Inicial	15 a 30	5 a 15	15 a 30	1 x 1	4 a 6	6
Crecimiento	30 a 50	15 a 30	45 a 60	1.50 x 1.50	4 a 5	6
Juvenil	50 a 100	30 a 80	70 a 90	2 x 2	3 a 4	4
Engorde	100 a 180	80 a 200	90 a 100	3 x 3	2 a 3	3
Adulta	180 a 200	200 a 500	>100	4 x 4	1,5	2
Reproducción	>200	>500	>200	5 x 5	1	2

Fuente: Valencia, et al. (2014), Calderón (2018) modificado por el autor (2019)

2.12 Reproducción

Poleo (2015) menciona que se debe colocar tres hembras con dos machos por cada nueve a 10 metros cúbicos, una tilapia de 500 g puede desovar ocho a 10 veces al año produciendo de 1000 a

1500 huevos por cada desove los cuales eclosionan entre los tres a cinco días, las hembras incuban los huevos en su boca y cuidan las larvas de ocho a 10 días siguientes a la eclosión.

2.13 Cosecha

Otra manera de mantener controlada la sobrepoblación es seleccionando y sacando los alevines y larvas de tilapia periódicamente de los estanques de engorde, aproximadamente cada 28 días, además una vez finalizada la etapa de levante los peces pasan hacer parte de la etapa de engorde alcanzando pesos superiores a los 180 g listos para la cosecha (Poleo, 2015).

2.14 Sacrificio y empacado

El sacrificio de los peces se procede de varias maneras ya sea empleando métodos de shock eléctrico o térmico y mediante un corte de la vena branquial, desangrado (dejándolos en agua limpia), posteriormente se procede a eviscerar retirando las agallas, descamado sin dañar la piel del pescado para obtener finalmente el rendimiento a la canal (rendimiento del filete en función del peso fresco). En el caso de la tilapia pierde el 18% de peso. La comercialización del pescado puede ser entero y limpio (sin agallas, vísceras y escamas) o en filete dependiendo el mercado de consumo (FAO, 2010).

2.15 Información nutricional del filete de tilapia

El valor nutritivo depende mucho de la riqueza grasa del pescado, las diferencias que existen de acuerdo a la clasificación de pescados grasos, semi-grasos y magros, es debido al contenido de lípidos en la carne, ya que existe una relación inversamente proporcional con respecto al contenido de agua y grasa, es decir, los pescados grasos tienen mayor contenido de lípidos y por lo tanto, menor contenido de agua y los magros mayor contenido de agua y menor contenido de lípidos (Solórzano, 2015).

Carulla (2015) menciona que 200 g filete de tilapia aporta 40 g de proteína, fósforo (para el mantenimiento de los huesos y dientes), grandes cantidades de selenio (como antioxidantes para reforzar el sistema inmunológico), rica en vitamina B3, B6, ácido fólico y B12, además no contiene carbohidratos y es baja en grasa haciéndola ideal para una dieta saludable.

Cabe mencionar que el peso del filete corresponde entre el 30% al 50% de la biomasa total del pescado, lo cual varía con respecto al tamaño y especie (Feltes, et al. 2010; Petenuci, et al. 2010).

De acuerdo a la Tabla 11 el filete de tilapia debe cumplir una serie de requisitos fundamentales para la exportación del mismo, ya que estos parámetros avalan la calidad del filete, sin alterar las características organolépticas del sabor, olor, color y textura del mismo, cuando este llegue al consumidor final (Osorio, Wills y Muñoz, 2013).

Tabla 11
Composición nutricional del filete de tilapia negra

Parámetros	Unidad	Filetes en jaulas flotantes	Tilapia en estanques de tierra
Humedad	%	54.33 ± 1.88	56.87 ± 1.74
Proteína	%	15.04 ± 0.02	17.33 ± 0.06
Extracto etéreo	%	30.10 ± 0.58	24.99 ± 0.45
Ceniza	%	0.74 ± 0.00	1.17 ± 0.02
Fósforo	g/100g	0.09 ± 0.00	0.13 ± 0.00
Calcio	g/100g	0.05 ± 0.00	0.09 ± 0.00
Energía bruta	Kcal/kg	3683 ± 16.00	3323 ± 7.00

Fuente: Osorio et al., (2013)

En el caso de la tilapia nilotica, el rendimiento del filete está alrededor del 30% el restante dividido en 14% de cabeza, 35% de carcasa, 10% de piel, 10% de vísceras y uno por ciento de escamas (Galán y Franco, 2010).

2.15.1 Evaluación de la calidad del filete

La evaluación sensorial es uno de los métodos más importantes para evaluar la frescura y la calidad del filete. Pueden ser muy rápidos, confiables, no destructivos en el pescado crudo y no se necesitan instrumentos costosos. Proporcionan una medición directa de los atributos percibidos y proporcionan información que ayuda a comprender mejor las respuestas de los consumidores. Sin embargo, los panelistas necesitan capacitación y reentrenamiento bajo la supervisión de líderes de paneles experimentados (Bernardi, Teixeira y Queiroz de Freitas, 2013).

Tradicionalmente, los métodos sensoriales han sido vistos como una evaluación subjetiva de la calidad. Se ha avanzado en la evaluación sensorial durante los últimos años, principalmente debido al uso de computadoras y el análisis de datos, permitiendo recopilar datos en poco tiempo y esta información a la vez correlacionarse con otra información sobre los productos (Bernardi, et al., 2013).

2.15.1.1 Método del índice de calidad (QIM)

Se originó en Tasmania, a fines de la década de 1970 y principios de la década de 1980, por institutos europeos de investigación pesquera, mediante la cual la evaluación sensorial se realiza de manera sistemática con un método objetivo de evaluación de la calidad. El QIM se basa en parámetros de calidad sensorial significativos utilizando los cambios de las características bien definidas de los atributos de apariencia externa para pescado crudo y cocido. Los atributos que deben evaluarse al aplicar o desarrollar los esquemas QIM son el olor, color, textura y sabor (Bernardi, et al., 2013).

Las principales ventajas del uso de QIM son que no es destructivo y tiene en cuenta las diferencias entre las especies, los QIM son más fáciles de usar que algunos métodos sensoriales y no requieren ningún otro equipo que no sean los sentidos humanos. Como resultado, se necesita una capacitación limitada para lograr resultados precisos. QIM es muy adecuado para enseñar a las personas sin experiencia a evaluar a los peces, entrenar a los panelistas y monitorear el desempeño de los panelistas, ya que es un método objetivo e incluye instrucciones y material ilustrativo de fácil comprensión (Bernardi, et al., 2013).

2.15.1.2 Método Torry (Torry Research Station)

Santaella et al. (2012) menciona que el análisis sensorial del pescado cocinado puede ofrecer información adicional al análisis sensorial del pescado crudo, principalmente en atributos relacionados con el olor y el flavor, que juegan un papel importante en la apreciación de frescura. De hecho, este análisis es el que mejor se correlaciona con el criterio de calidad del consumidor y es necesario recurrir a esquemas de valoración muy distintos de los aplicables al pescado crudo. Los métodos más comúnmente utilizados para la evaluación del pescado cocido son los esquemas Torry (Torry Research Station) empleado por primera vez en 1989.

Los procedimientos siguientes consisten en calentar el producto hasta que alcance en su interior una temperatura de 65 °C a 70 °C. El producto no deberá cocerse en exceso. El tiempo de cocción depende del tamaño del producto y de la temperatura utilizada. El tiempo preciso y las condiciones de cocción de cada producto se determinarán con exactitud mediante experimentación previa (CODEX, 2017).

Los tipos de cocción determinados por el CODEX desde el año 1995 al 2017 son: cocción al horno (envuelto en una lámina de aluminio), cocción a vapor (sobre una rejilla de alambre suspendida sobre agua hirviendo, dentro de un recipiente tapado), cocción en bolsas (bolsa de plástico resistente a la cocción y con cierre hermético) y cocción por microondas (recipiente apropiado para la cocción por microondas).

En la Tabla 12 se observa los términos utilizados dentro del análisis sensorial de pescados y mariscos aplicados en las pruebas de aceptabilidad del filete de tilapia negra en fresco y cocido al vapor (Espinosa, 2015).

Tabla 12
Descripción de los atributos aplicados en el análisis sensorial de pescados y mariscos

Atributos	Abrev.	Definición
Amargo	A	Uno de los cuatro gustos básicos, que se percibe principalmente en la parte posterior de la lengua
Agrio	Ag	Una sensación olfativa y/o gustativa que se debe por lo general a la presencia de ácidos orgánicos
Descompuesto	D	pescado que presenta olor, sabor, color, textura o sustancias desagradables u objetables, que derivan de su descomposición
Dulce	Du	El sabor en la lengua que se asocia con el azúcar
Firme	F	Una superficie que opone una resistencia moderada a la fuerza ejercida ya sea dentro de la boca o con la mano
Frescura	Fr	Se relaciona con el tiempo en el que fue cosechado
Frutal	Fl	Aroma que se asocia a la fruta ligeramente fermentada
Flojo	Fo	Consistencia blanda, espesa, pulposa.
Gomoso	G	Un material flexible que puede deformarse si se somete a presión pero vuelve a su forma original una vez que la presión termina
Húmedo	H	La sensación de humedad que deja un producto. La puede producir el agua o el aceite
Intensidad	I	Magnitud percibida de una sensación

Iridiscente	Ir	Una serie de colores como los del arco iris, similares a los de un ópalo o al resplandor del aceite en el agua
Mal olor/sabor	Mo/s	Características anormales que a menudo se asocian a la descomposición o transformación de un producto
Metálico	Me	Aroma y/o sabor que se asocia al sulfato ferroso o las latas de estaño
Mohoso	Mh	El aroma que hace pensar en un sótano húmedo y mohoso. El producto también puede tener sabor a moho
Olor de sentina	Os	Aroma que deriva del desarrollo de bacterias anaeróbicas, que se ilustra por la fetidez del agua de sentina (agua salada, combustible y aguas negras)
Olor fuerte a pescado	Ofp	Es el aroma típico del pescado viejo, característico de la trimetilamina o el aceite de hígado de bacalao
Opaco	O	Describe el producto que no deja pasar la luz
Pastoso	P	Un producto que al mezclarse con la saliva de la boca mantiene su cohesión como el engrudo
Pepino	Pe	El aroma que se asocia al pepino fresco
Persistente	Pr	Que se mantiene sin cambios significativos; que no es efímero
Punzante	Pu	Una sensación irritante, áspera o penetrante
Que reviste la boca	Qrb	Percepción de una película en la superficie interna de la boca
Que llena la boca	Qll	Sensación intensa que se esparce por toda la boca. Una sensación como la que produce el glutamato monosódico
Repleción gástrica	Rg	Condición de un pescado que se ha alimentado muy abundantemente antes de morir, olor asociado al azufre
Salado	Sa	Gusto que se siente en la lengua y se asocia a la sal o al sodio
Satinado	St	Aspecto brillante que se debe a la tendencia de las superficies a reflejar la luz con un ángulo de 45 grados
Salobre	Sb	El aroma que se asocia con el olor de algas limpias y aire oceánico
Transparente	T	Describe un objeto claro, que deja pasar la luz y a través del cual aparecen imágenes precisas
Translúcido	Tr	Describe un objeto que deja pasar algo de luz pero a través del cual no es posible distinguir imágenes claras
Viscoso	V	Una sustancia fluida que resulta pegajosa, resbaladiza, elástica, gomosa o gelatinosa

Fuente: Espinosa (2015)

2.16 Enfermedades

Al mantener los peces en cautiverio las condiciones de hábitat son bastante diferentes a las de su hábitat normal, a medida que las producciones se intensifican, las alteraciones del ambiente son mayores, lo cual posibilita la aparición de enfermedades. Por esta razón es necesario tener un adecuado conocimiento de las condiciones ambientales del medio acuático, de la especie en cultivo y de los posibles agentes infecciosos que pudieran atacar a los peces (Celín, 2014).

La presencia de enfermedades se atribuye a cambios bruscos del medio, los cuales conllevan al organismo a un estado de “estrés” (tensiones). El estrés o tensión puede ser considerado como el estado de defensa del organismo ante la presencia de factores externos adversos (luz, contenido de oxígeno, mineralización del agua y pH), provocan un funcionamiento anormal del organismo, presionando a su resistencia (Barahona, 2012).

Los síntomas de enfermedad del pez enfermo visualmente se diferencia del comportamiento de los peces sanos, es importante vigilar el comportamiento de los peces en el estanque y registrar todas las anomalías como son: El ascenso de los peces del fondo a la superficie, la flacidez de su inmovilidad, sus movimientos giratorios, cambios en la epidermis (capa de mucosidad, coloración de la piel, presencia de manchas en la piel (Celín, 2014).

La Tabla 12 muestra las diferentes enfermedades que atacan a la tilapia y los agentes infecciosos con su respectivo control.

Tabla 12

Tratamientos para las enfermedades más comunes de la tilapia

Enfermedades	Agente	Producto	Aplicación	Duración
Protozoos	Protozoarios	Baños en sal, formalina, malaquita	0.1mg/l en el agua de estanque	24 horas
Saprolegnia	Hongos	Azul de metileno	1g /200 l agua	3 a 4 días
Furunculosis	Bacterias	Oxitetraciclina	Baños de 50 mg/l	3 a 5 días
Salmonelosis	Salmonelas	Sal en grano + zeolita	10g/l diluido en agua	24 horas

Fuente: Poleo (2015)

2.16.1 Salinidad

Dentro del cultivo de tilapia es básico realizar una mezcla salina la cual se aplicará dependiendo el volumen de agua del estanque (Tabla 13), con este proceso se previene enfermedades al igual que el encalado además regula el pH, no obstante se debe tomar en cuenta que la sal es aconsejable solamente para peces de agua dulce. (Poleo, 2015).

Tabla 13

Cantidad de sal a colocar de acuerdo al volumen de agua

Volumen de agua (m ³)	Concentración de sal de acuerdo al volumen de agua (g/ m ³)	
	Mínimo (g)	Máximo (g)
Cantidades		
0.001	5	10
0.1	500	1 000
1	5 000	10 000
2	10 000	20 000
3	15 000	30 000
4	20 000	40 000
5	25 000	50 000

Fuente: Poleo (2015)

2.17 Materias primas usadas para alimentos balanceados

Para la formulación de alimentos balanceados los fabricantes deben adquirir directamente las materias primas al productor para garantizar así la calidad de su producto. Antes de utilizar estos ingredientes deberán someterse a un proceso de inspección para verificar la composición química (Tabla 14), factores físicos, presencia de impurezas y contaminantes (Sapag y Sapag, 2008).

Tabla 14

Contenido máximo de humedad e impurezas permitidas en materias primas

Materias primas	Humedad (%)	Impurezas (%)
Maíz	14.50	3.00
Trigo	14.00	1.50
Frijol	15.00	3.00
Sorgo	14.00	4.00
Soya	13.00	2.50
Arroz	14.00	6.00

Fuente: Chachapoya (2014)

2.17.1 Elaboración de harina

Se obtiene por la molienda de los granos entre piedras de molino (molinos manuales y eléctricos). En el proceso de la molienda se separan fragmentos de la semilla, por lo tanto, la harina se hace más fácilmente digerible pero más pobre en fibra. Una característica común a todas las leguminosas es la capacidad de transformar el nitrógeno atmosférico en nitrógeno orgánico (nitrato), por ello, las leguminosas son ricas en proteínas (Desiderio, Cedeño, Castro y Pinargote, 2015).

2.17.2 Harina de maíz duro

El maíz es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas, se destaca por su riqueza de almidón, y el de tener un porcentaje considerable de proteína y grasa (Tabla 15). Es una materia prima que constituye un alimento proteico altamente digestible para cualquier especie y de suma importancia para la subsistencia del mundo entero (Valencia, 2014).

El 95% o más de la harina integral de maíz deberá pasar por un tamiz de 1.70 mm (FAO Y OMS, 2007). Es posible sustituir hasta el 42 % de la proteína de la harina de soya en raciones para alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Hisano, et al., 2003).

2.17.3 Torta de soya

Al igual que la mayor parte de leguminosas la soya es una excelente fuente de fibra dietética soluble e insoluble de bajo costo, con hidratos de carbono complejos y proteínas vegetales. Es rica en vitaminas (A, B, B12, C, E) y minerales (fósforo y potasio) como se evidencia en la Tabla 15 (Celín, 2014).

Una dieta formulada para tilapia con harina de soya como principal alimento proteico suplementada con aminoácidos esenciales es capaz de sustituir el 100% de harina de pescado en la formulación de balanceados, sin afectar el crecimiento, producción de carne y composición del pez (Furuya, 2010).

2.17.4 Harina de trigo

Es el tercer cereal más utilizado en la fabricación de piensos, contiene de dos a tres por ciento de germen de trigo, 13% a 17% de salvado y un 80% a 85% de endospermo. El trigo es muy palatable en todas las especies. Dentro de las mezclas da mejor consistencia en relación al maíz además de ser más fácilmente degradable a nivel proteico (Tabla 15) (FEDNA, 2016). El 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (N° 70) de 212 micras (FAO y OMS, 2007).

Tabla 15

Composición proximal de algunas fuentes proteicas de origen vegetal

Material	Proteína cruda (%)	Lípidos (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)
Torta de soya	44.15	3.39	2.19	7.02
Harina de coco	7.20	52.20	14.00	3.00
Harina de maíz	9.60	3.05	3.61	4.06
H. germen de trigo	25.00	2.55	3.30	4.70
Leucaena	32.60	3.28	10.40	4.00
Afrecho de cebada	8.92	2.13	15.08	10.43
Pepa de algodón	18.73	15.49	28.32	4.06
Afrecho de cerveza	23.18	3.11	18.14	9.78
Matarratón	28.20	3.46	25.10	9.02

Fuente: Molina et al., (2013), Valencia et al., (2014), Bonifaz y Gutiérrez (2015)

2.18 Características de una buena materia prima

Las principales características físicas de una buena materia prima se da por el contenido proteínas y lípidos, carbohidratos, minerales, vitaminas y una cantidad de aminoácidos y ácidos grasos (Tabla 16), con estándares básicos como la humedad 14%, impurezas del dos por ciento, tipo de elaboración que tuvo esta materia prima, además dependerá de la estabilidad, palatabilidad y atractabilidad del alimento balanceado para satisfacer las necesidades nutricionales del animal al aumentar su rendimiento (Dezi, 2010).

Tabla 16*Niveles de inclusión de materias primas en las dietas de peces y crustáceos*

Materias primas	Nivel mínimo (%)	Nivel óptimo (%)	Nivel máximo (%)
Harina de trigo	8	15	35
Harina de maíz	10	26	35
Torta de soya	10	35	50
Melaza	2	3	5
Aceite de soya	2	4-6	10
Lisina		1.42	
Metionina		1.42	

Fuente: FAO (1999)

El componente nutritivo más apreciado de la harina de pescado es la proteína. Goza de una proporción ideal de aminoácidos esenciales altamente digestibles, que altera relativamente poco con el origen de la harina. Asimismo, la proteína tiene una escasa antigenicidad, por lo que resulta muy apropiado en piensos de animales jóvenes (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA, (2013).

2.19 Generalidades de las leguminosas

Las leguminosas habitan en zonas templadas, tropicales y subtropicales. Esta familia comprende alrededor de 650 géneros y 18 000 especies, incluyendo tipos diversos como hierbas, arbustos, bejucos y árboles. La mayoría de leguminosas se explotan por sus semillas, varias de las cuales han sido, desde tiempos ancestrales, componentes básicos de la dieta en ciertas regiones del mundo (Fraile, et al., 2007).

Las leguminosas son de dos a tres veces más ricas en proteínas que los cereales, variando entre 10% a 30% y poseen alrededor del 60% de carbohidratos, principalmente almidón, siendo una buena fuente de energía. En la mayoría de las leguminosas la cantidad de fibra oscila entre uno y tres por ciento. También aportan minerales y vitaminas del complejo B, como tiamina y riboflavina (Fraile, et al., 2007).

2.20 Origen de la guaba (*Inga* spp.)

El género *Inga* comprende aproximadamente 300 especies de árboles distribuidos en América tropical. Son un componente omnipresente en los bosques pluviales de llanura y montanos a lo largo de las zonas húmedas de Latinoamérica, que va desde el norte de México al sur de Uruguay, donde la mayor parte de especies del género está presente en los países andinos de Colombia, Ecuador y Perú. Las variedades de *Inga* se encuentran en altitudes desde los 800 a 2 400 msnm (Alfaro, Figueroa, Arriaga y Bressani, 2008).

2.20.1 Taxonomía

En la Tabla 17 se detalla la distribución taxonómica de la guaba (*Inga* spp.) según Ávila (2011), donde menciona que pertenece a la familia de las mimosaceas.

Tabla 17

Taxonomía de la guaba (Inga spp.)

Taxonomía de la guaba (<i>Inga</i> spp.)	
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Mimosaceae
Género	<i>Inga</i>
Nombre Científico	<i>Inga</i> spp.
Nombre Común	Guaba

Fuente: Ávila (2011)

2.20.2 Descripción botánica

La guaba es un árbol perennifolio o caducifolio, de 12 m a 18 m de altura, con un diámetro de 0.30 m a un metro; su copa es aplanada y extendida con follaje ralo, sus hojas son alternas, pinnadas y vellosas, arregladas en dos hileras divergentes; su corteza externa es de color pardo, más o menos lisa con algunos surcos finos; inflorescencias de color blanco en espigas; su fruto en forma de vaina con numerosas semillas rodeadas con pulpa de color blanco y alto contenido de proteínas, pubescente de 30 cm a 60 cm de largo; su raíz pivotante y su sexualidad hermafrodita (Figura 6) (Alfaro, et al., 2008).

2.20.3 Fenología

Florece y fructifica dos veces al año en los meses de febrero y septiembre, de fácil adaptación, crecimiento acelerado y fijadora de nitrógeno. Las características anteriormente mencionadas hacen de la *Inga* spp. un árbol muy útil dentro de un sistema silvo-pastoril beneficiando al suelo y animales, ya que al fijar nitrógeno el pasto podrá acceder a este nutriente y los animales se alimentarían de este forraje y aprovecharan su sombra (Montagnini, et al., 2015).

La guaba al ser un árbol de gran tamaño necesita densidades de siembra de 6m por 8m entre plantas y entre hileras. La producción de frutos se encuentra en un aproximado de 45 kg/árbol y 9 375 kg/ha. En la región amazónica, la producción es en el mes de enero con mayor concentración en los meses de mayo, julio, octubre y noviembre (Figura 6) (Cabrera, 2013).



Figura 6. Árbol de guaba (*Inga* spp.)

Fuente: Autor (2019)

2.20.4 Características del fruto

El fruto de la *Inga* spp. es un vaina cilíndrica indehiscente, de color verde, multisurcado longitudinalmente y de largo variable, pudiendo llegar hasta un metro. Las semillas son negras de tres centímetros de longitud, y un rango entre 1.40 cm y 4.50 cm, cubiertas por una pulpa (arilo) blanca, suave y azucarada (Cabrera, 2013), un peso aproximado de 450 g a 675 g, el cual contiene 5 000 semillas por cada kilogramo.

Las semillas tienen una germinación hipogea que varía de dos a tres semanas con un 79% a 100%, las cuales, deben ser sembradas de manera inmediata después de la recolección para evitar la fermentación de la pulpa, además son de corta vida y no toleran la sequía. La *Inga* spp. tiene la capacidad de rebrotar una vez podada (Montagnini, 2015).

2.20.5 Usos de la guaba (*Inga* spp.)

- **Productos alimenticios:** las semillas de esta y muchas otras especies de *Inga* están encerrados en pulpa comestible azucarada, que a su vez según Bressani, et al. (2010) sirven para hacer harina y emplearla en dentro de platos ancestrales (tortillas, sopas, atoles, galletas u otros productos), además la pulpa es utilizada en la elaboración de dulces, jaleas, refrescos, debido a su alto contenido de azúcares.
- **Medicina:** la corteza macerada se toma por vía oral para la anemia, una cocción de la raíz para los cálculos biliares, y la pulpa de la fruta para el estreñimiento.
- **Apicultura:** con flores ricas en néctar y atractivas a las abejas.
- **Combustible:** la madera moderadamente dura y pesada hace un excelente combustible y como leña para carbón.
- **Maderas:** llega a producir entre 54 y 85 m³ de leña/ha y entre un 20 a 50% es consumido anualmente para cocinar (Montagnini, 2015), además es útil para la elaboración de muebles, cajas, jaulas, construcción ligera, etc.
- **Servicios sombra o refugio:** se utiliza con frecuencia como árbol de sombra para diferentes cultivos entre ellos el café y el cacao además tiene la capacidad de fijación de nitrógeno.
- **Otros usos:** aporta materia orgánica y nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en cantidades significativas; ayudan a manejar las malezas, especialmente por el depósito de materia en el suelo del cultivo; controlan la erosión del suelo (Helmuth, 2000).

2.20.6 Guaba (*Inga* spp.) como materia prima

Las propiedades de la materia prima juegan un rol importante en la aceptación del animal al que se va a suministrar. En general harinas de leguminosas, cereales, tubérculos o frutos secos pueden ser una alternativa de interés comercial ya que su valor radica en su alto contenido de

almidón (30% a 85%), proteínas (1.40% a 7%) además de ser una buena fuente de fibra (6% a 8%), vitaminas A, C, calcio y fósforo (Dendy, 2001). Contenidos de nutrientes de las fracciones del fruto de la guaba se observan en la Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 18

Análisis químico de las fracciones del fruto de la Inga spp.

Características	Vaina (%)	Pulpa (%)	Semilla (%)
Humedad	4.85 ± 0.17	2.42 ± 0.05	6.44 ± 0.37
Proteína	8.68 ± 0.02	6.75 ± 1.21	23.05 ± 0.06
Grasa	0.56 ± 0.04	1.09 ± 0.08	0.96 ± 0.08
Fibra	39.32 ± 0.04	7.39 ± 0.12	2.37 ± 0.25
Cenizas	5.36 ± 0.12	4.78 ± 0.06	3.62 ± 0.01

Fuente: Bressani et al., (2010)

Tabla 19

Micro y macro elementos de las fracciones del fruto de la Inga spp.

Elemento	Unidad	Vaina	Pulpa	Semilla
N	%	1.62	1.23	2.95
P	%	0.13	0.10	0.16
K	%	1.29	2.14	0.91
Ca	%	0.17	0.20	0.13
Mg	%	0.10	0.10	0.14
Cu	ppm	6.00	2.00	5.00
Fe	ppm	18.00	43.00	20.00
Mn	ppm	30.00	39.00	16.00
Zn	ppm	13.00	21.00	23.00

Fuente: Bressani et al., (2010)

Según Bressani, et al. (2010), la *Inga spp.* al ser una leguminosa posee compuestos que producen efectos tóxicos, pero al ser sometida a tratamientos de fermentación, germinación y cocción (60 minutos.), la semilla puede reducir considerablemente su contenido anti-nutricional de 50 mg a 0.22 mg de inhibidores de tripsina.

2.20.7 Factores anti-nutricionales

Uno de los factores que intervienen en la calidad de la proteína en los alimentos es la presencia de compuestos que impiden la digestibilidad de la proteína, que producen efectos

tóxicos, o inhiben la actividad enzimática. La presencia de los inhibidores de tripsina en las semillas de *Inga* sometidas a procesos de germinación disminuye considerablemente el valor anti-nutricional en un 56% y a través del método de cocción es posible disminuir hasta niveles cercanos a cero (Alfaro, et al., 2008).

Entre los factores anti-nutricionales presentes en los granos de leguminosas se encuentran: inhibidores de proteasas, inhibidores de amilasas, lactinas, saponinas, aminoácidos, fitatos, alcaloides y taninos (Bressani, et al., 2010). La digestibilidad de la proteína en leguminosas es más resistente a la hidrólisis, este efecto se ha aducido como un factor determinante de su bajo valor nutritivo. Sin embargo se ha determinado que en aquellos granos de leguminosas que contienen bajos valores de taninos, la digestibilidad puede superar el 80% (Bressani, et al., 2010).

Tabla 20

Contenido de inhibidores de tripsina en muestras de semilla y harinas de Inga spp.

Muestra	Inhibidor de tripsina (mg)
Semilla de Var. Cushin	48.16 ± 3.50
Semilla de guaba	50.09 ± 1.95
Semilla germinada Var. Paterna	29.27 ± 0.43
Harina de guaba cruda	42.37 ± 0.26
Harina de guaba cocida 60 min	0.22 ± 0.01
Harina de Var. Paterna cruda	21.42 ± 0.04
Harina de Var. Paterna cocida 40 min	0.06 ± 0.01
Harina de Var. Paterna cocida 60 min	0.09 ± 0.02

Fuente: Alfaro et al., (2008)

Bressani, et al. (2010) sostiene que la cocción tiene un efecto positivo en la concentración de proteína de la guaba, ya que a mayor tiempo de cocción mayor es el porcentaje de proteína como se puede verificar en la Tabla 21. Por otra parte los porcentajes de Nitrógeno (N) varían dependiendo la variedad de *Inga* con la que se trabaje, por consecuente el nivel de proteína será alto y bajo, ya que puede variar entre el cinco por ciento al 30% de proteína.

Tabla 21

Contenido de proteína de harinas de guaba cruda y cocida (Inga spp.)

Muestra	% de Nitrógeno (N)	% de Proteína
Guaba cruda	2.88	18.00
Guaba 20 min. de cocción	3.36	21.00
Guaba 40 min. De cocción	3.45	21.56

Fuente: Bressani et al., (2010)

2.21 Metodología de formulación de balanceados

Chachapoya (2014) sostiene que los métodos mayormente empleados en la formulación de dietas alimenticias son:

2.21.1 Programación lineal: es la técnica de optimización destinada a la asignación eficiente de materias primas elaboradas minimizando costos, al emplear una herramienta informática, que permite ingresar indicadores mínimos, máximos, rangos, relaciones o cantidades exactas para cada ingrediente o nutriente, en la actualidad existen aplicaciones basadas en este método, que facilitan la elaboración de un pienzo.

2.21.2 Ecuaciones simultaneas: este método consiste en emplear un algebra para realizar los cálculos de las raciones, planteándose sistemas de ecuaciones lineales donde se representan mediante variables a los alimentos, cuya solución matemática representa la ración balanceada.

2.21.3 La prueba y error: no es más que un proceso que facilita el planeamiento y operación manual sujeto a utilizar pocas materias primas; ecuaciones simultaneas este en cambio emplea el álgebra para calcular las raciones planteándose ecuaciones lineales mediante variables.

2.21.4 Cuadrado de Pearson: este método puede ser útil cuando se utilizan pocos alimentos, permite mezclar hasta seis ingredientes con diferentes concentraciones nutricionales (porcentajes de proteína y energía) y obtener como resultado una mezcla ideal desea.

2.22 Cualidades esenciales de un alimento balanceado

Sorensen (2012) sostiene que la importancia de un alimento balanceado está en la calidad fisicoquímica y estructural (impurezas, granulometría, humedad, extracto etéreo, nivel de proteína, cenizas, fibra y carbohidratos), además, debe contener todos los requerimientos básicos del animal para finalmente someterse a pruebas de calidad del pellet como: Los parámetros a considerar para la evaluación química-física de un balanceado son las siguientes:

2.22.1 Atractabilidad

El éxito económico de la crianza de tilapia depende en gran parte de la alimentación, con el uso de alimentos balanceados comerciales, elaborado en forma de comprimidos flotantes con ventajas como un mayor aprovechamiento del alimento, debido a que sus ingredientes están parcial o totalmente cocidos, facilitando de esta forma la digestión y absorción de nutrientes, además tienen muy buena palatabilidad y atractabilidad, factores que hacen que los peces coman hasta quedar satisfechos (Carranza, 2016).

2.22.2 Palatabilidad

Es la aceptación del animal hacia el alimento balanceado al momento de ingerirlo para luego en el sistema digestivo de la tilapia logre aprovechar al máximo para que este animal crezca rápidamente en poco tiempo. La textura, tamaño, color y olor favorecen el consumo o palatabilidad del alimento balanceado cumpliendo los requerimientos de los peces (Zambrano, 2013).

2.22.3 Estabilidad

Es un parámetro importante ya que el alimento debe durar horas antes de sumergirse con la mínima pérdida de nutrientes. La estabilidad en agua se calcula como la diferencia porcentual de peso antes y después de la prueba, expresada como porcentaje de pérdida de materia seca. Existe una diferencia entre la prueba de estabilidad en agua a tiempo corto (60/120 min) y largo (240 min). La estabilidad de los pellets en el agua afecta el consumo del alimento y por tanto la tasa de crecimiento específico de los peces (Hoyos, Villada, Fernández y Ortega, 2017).

En general para conseguir buenos resultados es necesario tener densidades aparentes de 520 g/l con recubrimiento de lípidos (Zhang, et al., 2012 a, b).

2.23 Tipos de balanceados

2.23.1 Purificados: se preparan con aminoácidos sintéticos, ácidos grasos, carbohidratos de composición conocida, vitaminas y minerales químicamente puros; son costosos y se emplean con fines para la investigación de nuevos alimentos balanceados (Chachapoya, 2014).

2.23.1 Semi-purificados: contiene ingredientes naturales en forma más pura. Se utilizan para determinar la eficiencia de las dietas balanceadas con el cálculo de la conversión alimenticia, ganancia de peso y talla (Chachapoya, 2014).

2.23.2 Prácticos: su elaboración se basa en alimentos de bajo costo y facilidad de producirlos con la finalidad de satisfacer las necesidades nutricionales de los animales (Chachapoya, 2014).

2.24 Tipos de mezclas en alimentos balanceados

2.24.1 Peletización: proceso que permite moldear la mezcla de los ingredientes, los cuales son compactados o aglomerados a través de orificios con cilindros de diferentes formas, que se logra mediante un proceso mecánico con humedad, presión y temperatura controladas (Loor, 2016).

2.24.2 Extrusión: proceso mediante el cual la mezcla pasa por un troquel creando distintas formas uniformes con procesos en frío o caliente (Chachapoya, 2014).

2.25 Preparación y presentación del alimento balanceado

Una vez teniendo las harinas de los distintos ingredientes seleccionados ya elaboradas, se inicia con la elaboración del alimento para el cual se lleva a cabo un sencillo proceso de acuerdo con Valencia, et al. (2014).

- 1.- Se pesan las cantidades exactas requeridas por la dieta, según la etapa del cultivo.
- 2.- Se mezclan hasta homogenizarlas añadiéndoles el aceite vegetal, así como las vitaminas ya establecidas en el diseño de cada dieta, utilizando agua tibia para disolver

las harinas e incorporar todos los ingredientes. Aproximadamente tres litros de agua a 45° C por cada 5 kg de alimento elaborado.

3.- Una vez obtenida la mezcla se pasa por un molino de martillos, si la presentación es en migaja para la etapa de cría, o en un molino de carne si se requieren pellets para la etapa de pre-engorde o engorde.

4.- Finalmente se pone a secar el alimento ya procesado en un desecador rústico, durante 24 h a una temperatura de 70°C, o en un desecador artesanal que llevará aproximadamente 48 h a temperatura ambiente para eliminar el exceso de humedad. Es de gran importancia este paso para evitar que debido a la humedad proliferen microorganismos que pudieran descomponer el alimento o peor aún causarle algún daño a nuestros peces.

5.- Ya elaborado el alimento, la ingesta del producto es el siguiente paso, teniendo presente que una característica de los alimentos para peces es la flotabilidad. Para ello, se sugiere la implementación de alimentadores flotantes, que permitirán aprovechar el alimento proporcionado a los peces y evitar la contaminación por alimento no consumido, que se precipite en el medio de cultivo. Es así como se obtiene el alimento alternativo y está listo para ser suministrado a nuestros peces.

2.26 Evaluación de la calidad del alimento balanceado

Para determinar la calidad de una dieta balanceada Agudelo (2004), citado por Chachapoya (2014) desarrollo un método conocido como cono y cuarteo para toma de muestras, donde, el material seleccionado de la mezcla se lo apila en forma de cono, posterior a ello se lo divide en cuatro partes de las cuales se retira dos en sentido opuestos, los dos restantes se mezcla nuevamente repitiendo el proceso hasta conseguir una muestra de 100 g o 500 g, mediante la fórmula:

$$F \text{ peso} = P \text{ residuo} / P \text{ muestra}$$

(fp: fracción de material presente en la muestra obtenida por la técnica; P: peso).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El sitio experimental se ubicó en la finca Santa Rosa, propiedad del Sr. José Gustavo Aguinaga Montenegro.

3.1.1 Ubicación política, geográfica y características agroclimáticas

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	Lita
Comunidad	Santa Cecilia
Finca	Santa Rosa
Altitud	1254 m.s.n.m.*
Latitud	08°70'82" N*
Longitud	79°78'40" O*
Temperatura mínima	18°C**
Temperatura máxima	25°C**
Precipitación	1500 mm**
Humedad relativa	75%**

*Datos tomados con navegador GPS.

**Datos proporcionados de la Estación Meteorológica de Lita.

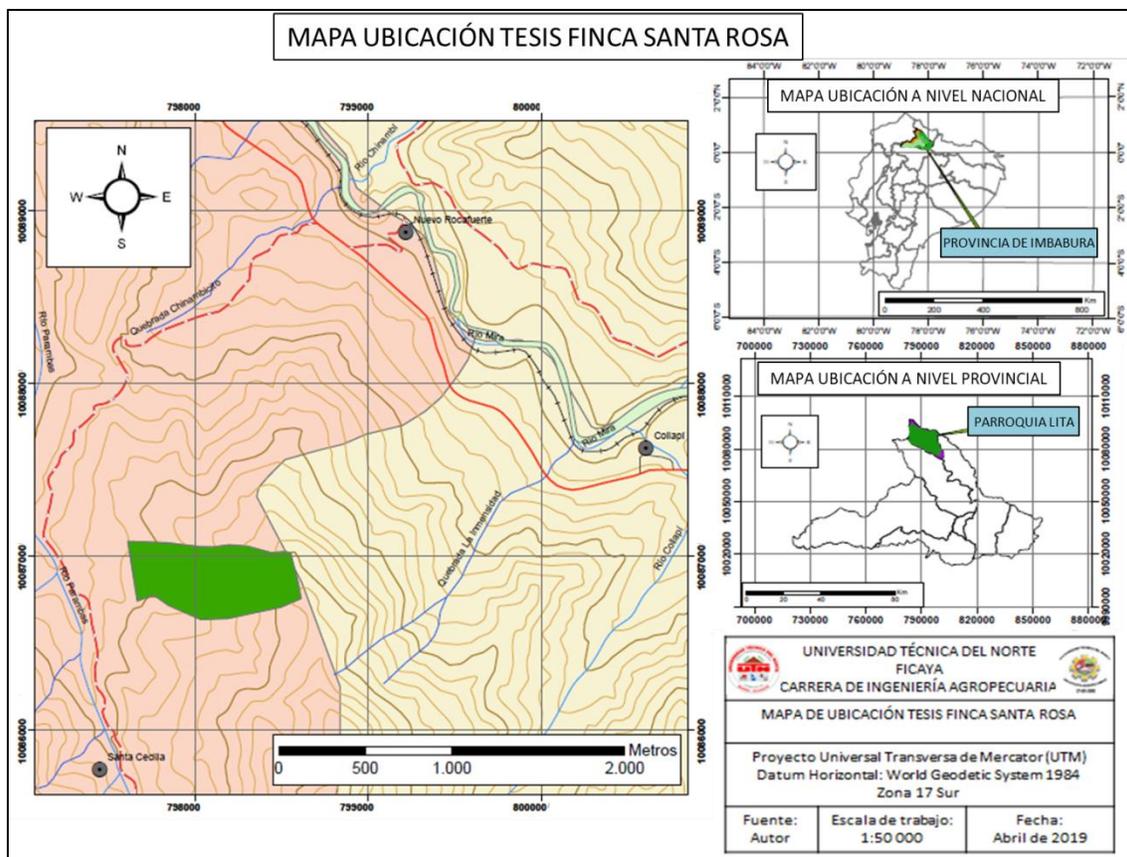


Figura 7. Mapa ubicación de la unidad experimental

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales de instalación del estanque piscícola

- Manguera de agua de 1 y 2 pulgadas
- Malla anti-pájaros de 1 pulgada
- Alambre galvanizado C-8
- Caña Guadua (jaulas, cerco, postes)
- Tubo PVC 3 pulgadas
- Otros

3.2.2 Infraestructura

- Un estanque de (9 x 7) m² y un metro cúbico promedio de profundidad.

- Nueve jaulas flotantes de un metro cúbico elaboradas con una estructura mixta de madera, caña guadua y malla cuadrículada de 1 pulgada.

3.2.3 Materiales biológicos

- Ciento treinta y cinco tilapias negras en etapa juvenil de una edad aproximada de 90 días, una longitud total comprendida entre 14 cm a 17 cm y un peso promedio de 83.86 g/pez.

3.2.4 Materias primas

- Harina de guaba (semilla y pulpa)
- Harina de maíz
- Harina de trigo
- Torta de soya
- Vitaminas y minerales
- Lisina y metionina
- Melaza
- Aceite de soya

3.2.5 Equipos, instrumentos y maquinaria

- Molino manual de carne
- Molino manual de harina
- Balanza digital (g)
- Termómetro y cronómetro
- Horno temporizador
- Navegador GPS
- Kit de análisis de agua (pH, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos dureza y alcalinidad)

3.2.6 Insumos

- Cal viva (Óxido de Calcio)

- Estiércol de bovino (seco)

3.2.7 Materiales y equipos de oficina

- Computadora portátil
- Cámara fotográfica
- Libreta de campo
- Otros

3.3 Metodología

El presente estudio constó de dos fases:

- **Fase de laboratorio:** formulación de un balanceado a base de harina de semilla y pulpa de *Inga* spp.
- **Fase de campo:** implementación de un estanque para tilapia y la descripción anatómica del pez.

3.4 Factor en estudio

Balanceado alimenticio a base de harina de *Inga* spp. (52.63% semilla y 19.37% pulpa).

3.5 Tratamientos

Tabla 22

Descripción de tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
T1	15% inclusión de harina de Guaba (semilla y pulpa).
T2	30% inclusión de harina de Guaba (semilla y pulpa).
T3	100% Balanceado testigo.

3.6 Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones; donde T1 y T2 representaron los diferentes niveles de inclusión de harina de guaba y T3 el control con un

balanceado elaborado sin harina de guaba. El experimento tuvo una duración de 12 semanas que comprende la etapa de engorde.

3.7 Características del experimento

Repeticiones	3
Tratamientos	3
Total de unidades experimentales	9
Área total del ensayo (m ²)	100

3.8 Características de la unidad experimental

Se adquirió 135 tilapias macho (con reversión sexual), con un peso promedio de 83.86 g/pez y longitud total comprendida entre 14 cm a 17 cm en etapa juvenil de 90 días de edad aproximadamente, los cuales fueron distribuidos en nueve jaulas flotantes de un metro cúbico. Es decir que se ubicó 15 tilapias por jaula.

3.9 Análisis estadístico

Tabla 23

Esquema del Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.)

Fuentes de variación	Fórmula	Grados de libertad
Total	$(t \times R) - 1$	8
Tratamientos	$(t - 1)$	2
Repeticiones	$(R - 1)$	2
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	4

3.10 Análisis funcional

El análisis funcional se realizó mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher al 5% a las variables a las que el análisis de varianza resultó tener diferencia significativa a nivel del 5%.

3.11 Variables

V. Independiente: 1 suplemento alimenticio a base de semilla y pulpa extraída del fruto para elaboración de una harina.

V. Dependiente: rendimiento nutricional de la harina de *Inga* spp. en la dieta alimenticia de tilapia negra en la etapa de engorde.

3.11.1 Variables evaluadas

3.11.1.1 Consumo de alimento (g): esto se llevó a cabo con la ayuda de una balanza digital gramera para el pesaje del alimento y una vara con canastilla como herramienta para la distribución del mismo a cada jaula desde el inicio de la etapa hasta el final de la misma semanalmente (12 semanas), con peces de una edad aproximada de 90 días, con un peso promedio de 83.86 g/pez y una longitud entre 14 cm a 17 cm.

Mediante el porcentaje de la biomasa del total de los peces por cada jaula (15 tilapias) y el requerimiento en la etapa (3%) del peso corporal del animal, utilizando el método matemático regla de tres o regla de oro (Cabrera, 2013), se determinó el consumo de alimento total de cada tratamiento.

3.11.1.2 Ganancia de peso (g): se realizó individualmente a través del pesaje de los animales al inicio y final del experimento con un registro de los pesos cada siete días determinando el porcentaje de ganancia de peso. Se capturo a todas las tilapias de cada tratamiento y se las sumergió por 10 minutos en agua salina (10 g/l) para adormecerlos y así evitar el maltrato de los peces al momento de pesarlos mediante el uso de una balanza digital gramera dentro de un recipiente para facilitar la toma de datos, previamente restado el peso del mismo.

Ganancia de peso (GP), peso final (PF), peso inicial (PI).

$$GP=PF - PI$$

3.11.1.3 Longitud total (cm): esto se llevó a cabo en conjunto con la variable anterior midiendo la longitud total de todos los animales individualmente desde el labio inferior

de la boca al extremo posterior de la cola caudal del pez, semanalmente durante toda la etapa de engorde (12 semanas) utilizando una cinta métrica (cm).

3.11.1.4 Conversión alimenticia: esta variable se determinó mediante la siguiente fórmula dividiendo la ingesta total del alimento balanceado experimental por la ganancia de peso de cada replica semanalmente hasta finalizar el experimento (12 semanas).

$$CA = \frac{\text{cantidad de alimento consumido (g)}}{\text{aumento de la biomasa (g)}}$$

3.11.1.5 Mortalidad (%): esta variable se evaluó mediante la observación y anotación del número de peces muertos de cada replica o a su vez dentro de las jaulas experimentales con la finalidad de obtener el porcentaje de esta variable aplicando la siguiente fórmula. Mortalidad (M), peces muertos (PM), cantidad de tilapias al inicio (QT).

$$M = \left(\frac{PM}{QT} \right) * 100$$

3.11.1.6 Rendimiento a la canal (%): una vez finalizado el experimento se realizó una morfometría del pez, donde se procedió a la cosecha de todos animales de cada tratamiento con un total de 129 tilapias las cuales se midió su longitud total (cm), su peso en vivo y el peso una vez ya sacrificado donde se eliminó vísceras, lengua, branquias, escamas y mucosa de la piel, obteniendo el porcentaje del rendimiento a la canal (RC) con la fórmula siguiente, peso con vísceras (PCV (g)), peso sin vísceras, etc. (PSV (g)).

$$RC = \frac{PSV(g) \times 100\%}{PCV(g)}$$

3.11.1.7 Palatabilidad, atractabilidad y estabilidad del pellet: se determinó en función de la ingesta de las dietas formuladas, en otras palabras con la cantidad de alimento ingerido por los peces. Atractabilidad se evidenció de manera visual y con el uso de un cronómetro digital diariamente al dar el alimento a los peces, en el momento que lo ingieren o no lo consumen. Estabilidad, se observó si el alimento se mantiene compacto

en el agua o si se degrada fácilmente, con la toma de datos obtenidos de un cronómetro digital medido en segundos.

3.11.1.8 Análisis de aceptabilidad: para complementar la fase total del proyecto se contó con un grupo de ocho degustadores, los cuales llenaron una ficha de evaluación del filete en crudo y cocido a vapor (10 g de filete por 10 min a 65°C-70°C), aplicando el método QIM (Quality Index Method) basados en una escala de calificación (1. mínimo, 2. moderado, 3. fuerte, 4. intenso) y utilizando términos apropiados para un análisis sensorial, evaluadas a través de pruebas de percepción: color, olor, textura y sabor.

Tabla 24

Ficha de evaluación sensorial del filete de tilapia negra en fresco y cocido al vapor

Prueba perceptiva de olor del filete de tilapia en fresco					Prueba perceptiva de olor del filete de tilapia cocido al vapor				
Olор a pescado	1	2	3	4	Olор fuerte a pescado	1	2	3	4
Frescura	1	2	3	4	Pepino	1	2	3	4
Salobre	1	2	3	4	Descompuesto	1	2	3	4
Repleción gástrica	1	2	3	4	Repleción gástrica	1	2	3	4
Prueba perceptiva de color del filete de tilapia negra en fresco					Prueba perceptiva de color del filete de tilapia negra cocido al vapor				
Iridiscente	1	2	3	4	Incoloro	1	2	3	4
Incoloro	1	2	3	4	Opaco	1	2	3	4
Opaco	1	2	3	4	Persistente	1	2	3	4
Satinado	1	2	3	4	Satinado	1	2	3	4
Prueba perceptiva de la textura del filete de tilapia negra en fresco					Prueba perceptiva de la textura del filete de tilapia negra cocido al vapor				
Pastosa	1	2	3	4	Floja	1	2	3	4
Firme	1	2	3	4	Húmeda	1	2	3	4
Húmeda	1	2	3	4	Firme	1	2	3	4
Gomosa	1	2	3	4	Viscosa	1	2	3	4
Prueba perceptiva de sabor del filete de tilapia negra cocido al vapor					Escala				
Amargo	1	2	3	4	1	Mínimo			
Que llena la boca	1	2	3	4	2	Moderado			
Salado	1	2	3	4	3	Fuerte			
Jugoso	1	2	3	4	4	Intenso			

Fuente: FAO (1999) modificado por el Autor (2019)

3.11.1.9 Análisis económico: finalmente se realizó un análisis económico parcial (elaboración de harina de guaba y balanceado), en el que se tomó en cuenta los costos fijos y variables en la producción de la tilapia negra en la etapa de engorde.

3.12 Manejo específico del experimento

3.12.1 Selección del sitio experimental

El sitio experimental se ubicó en la finca Santa Rosa, parroquia de Lita, en la cual se limitó un área a 10 m de distancia de la casa, con un cerramiento de alambre de púa (Anexo 1, 2 y 11) para evitar el ingreso de animales que pudieran perjudicar el proyecto.

3.12.2 Análisis de materias primas

Se realizó el análisis bromatológico de las materias primas utilizadas en la formulación de los tres tratamientos (Tabla 25), para determinar el porcentaje de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, grasa, fibra, sólidos solubles, calcio y hierro de la harina de maíz, torta de soya, harina de trigo, harina de *Inga* spp. y melaza utilizadas en la elaboración del balanceado para tilapia negra en etapa de engorde.

Tabla 25

Análisis bromatológico de materias primas en base seca

Parámetros	Unidad	Harina de guaba	Torta de soya	Harina de Trigo	Harina de maíz	Melaza
Humedad	%	2.91	6.73	3.80	11.90	21.12
Cenizas	%	4.18	7.20	4.33	1.35	-----
Extracto etéreo	%	0.41	1.47	3.73	6.50	-----
Proteína	%	6.38	41.96	16.59	8.70	2.40
Grasa	%	0.40	1.47	3.73	6.50	0.00
Fibra	%	1.69	5.80	2.52	3.90	0.00
Sólidos solubles	%	-----	-----	-----	-----	83.95
Calcio	mg/100g	-----	-----	-----	-----	210.00
Hierro	mg/100g	-----	-----	-----	-----	6.40

Fuente: Laboratorio Físico Químico de la Universidad Técnica del Norte (2017).

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de bromatología en la Universidad Técnica del Norte aplicando varios métodos como los que se observan en la Tabla 26 y los Anexos 3, 4 y 5.

Tabla 26*Métodos analizados en las diferentes materias primas utilizadas*

Parámetros	Método
Humedad	AOAC 925.10
Cenizas	AOAC 923.03
Extracto etéreo	AOAC 920.85
Proteína	AOAC 920.87
Fibra	AOAC 978.10
Sólidos solubles	AOAC Refractometría Abbe
Calcio	AOAC Espectrofotometría de A.A.
Hierro	AOAC Espectrofotometría de A.A.

Para el análisis de harina de guaba de acuerdo a Bressani, et al. (2010) se analizó a distintos niveles de porcentaje de nitrógeno (2.88%, 3.36% y 3.45%) concluyendo que a mayor porcentaje de nitrógeno mayor es el porcentaje de proteína (18%, 21% y 21.56%), en el presente estudio difieren los resultados, ya que se utilizó niveles bajos de nitrógeno, disminuyendo por ende el porcentaje de Proteína como se observa en la Tabla 27.

Tabla 27*Análisis de proteína de harina de guaba (Inga spp).*

% de Nitrógeno	% de Proteína
1.02	6.38
0.98	6.14
0.92	5.74

3.12.3 Elaboración de harina de guaba

Para la elaboración de la harina de guaba *Inga spp.* (Anexo 6) se procedió a la cosecha de los frutos con madurez fisiológica ideal sin alteraciones externas ya sean por insectos o por el clima y a su vez con características como: color verde amarillento de la vaina, pulpa esponjosa y semillas de color negro de árboles con una edad aproximada de 20 años, ubicados dentro del predio donde se estableció el experimento.

Posteriormente se seleccionó y peso la semilla y pulpa (balanza digital gramera) en un porcentaje del 50% cada una, las cuales se molieron conjuntamente (molino de martillos manual) reduciendo la mezcla a una granulometría entre 0.015 m a 0.02 m, esparciéndola en una lata rectangular (0.50 m x 0.30 m) previamente engrasada para evitar que se adhiriera la materia prima, después se llevó al horno a una temperatura de 60°C durante 45 a 60 min, donde se obtuvo trozos horneados con una granulometría aproximada de 0.01 m, una vez fríos se molieron y tamizaron hasta conseguir la harina con una granulometría inferior a 0.0005 m (polvo) (Figura 8).

3.12.3.1 Rendimiento de la harina de guaba

Mediante la información recopilada de Cabrera (2013) junto a los datos obtenidos en la investigación se determinó el rendimiento de harina de guaba por hectárea al año (cabe mencionar que las cantidades difieren según la variedad de *Inga* que se trabaje), utilizando el método matemático regla de proporción más conocido como regla de tres o regla de oro.

3.12.3.2 Relación en porcentajes a las diferentes partes del fruto semilla, pulpa y vaina

Un fruto en promedio pesa 500.00 g, donde las semillas en conjunto con la pulpa pesan un estimado de 360.00 g, en el cual se encuentran alrededor de 19 semillas. El peso en fresco de las semillas de una guaba es 263.16 g al multiplicar por el 100% y dividir para el peso promedio de un fruto se llegó a obtener el 52.63%, por otra parte, con 96.84 g de pulpa por guaba se obtuvo un 19.37% y finalmente con 140.00 g de peso en fresco de vaina por guaba se obtuvo un 28%. Dando un total 500.00 g por guaba siendo el 100% y una sumatoria del 71.90% entre semilla y pulpa.

3.12.3.3 Cantidad de fruto completo

Un árbol produce 405 000 g de guaba, donde cada fruto pesa 500.00 g promedio, tomando en cuenta que dos guabas pesan un kilo, se obtiene alrededor de 810 guabas/árbol y a su vez por dos producciones al año dando como resultado 1620 guabas/árbol/año. Tomando en cuenta que una hectárea posee alrededor de 208 árboles, se determinó una cosecha aproximada de 337 494.6 guabas/ha/año.

3.12.3.4 Peso de semilla y pulpa en relación al peso de materia seca

En relación a los cálculos anteriores donde se menciona que el peso entre semilla y pulpa de guaba es de 0.36 kg al multiplicar por la cantidad a cosechar en una hectárea al año se obtuvo 121498.06 kg/ha/año, que a su vez es 121 498.06 kg/ha/año siendo el 100% de materia prima en fresco (semilla y pulpa) y un resultado final de 30 374.51 kg/ha/año equivalente al 25% del valor de la materia prima en seco.

El valor en el mercado nacional del saco de 45.00 g del fruto de guaba es de 6.67 USD del cual es aprovechado 11.25 kg siendo el 25% con un costo por kg de harina equivalente a 0.59 USD.

3.12.4 Método para la elaboración del balanceado

Utilizando el método de Programación lineal (Chachapoya, 2014) basado en la disponibilidad nutricional de materias primas, se empleó una herramienta informática (Zootec 3.0 solver) que permitió ingresar cantidades exactas de cada ingrediente, establecido en la formulación de balanceados para tilapia negra en etapa de engorde, optimizando tiempo y costo a la hora de realizar una dieta. La Tabla 28 muestra los requerimientos nutricionales de la etapa en la que se trabajó para este pez.

Tabla 28

Necesidades nutricionales de la tilapia en etapa de engorde

Característica	Porcentaje (%)
Proteína	25
Grasa	5
Fibra	6
Cenizas	9
Humedad	12

Fuente: FAO (2010)

La Tabla 29 muestra el contenido nutricional porcentual de cada una de las materias primas utilizadas para la elaboración de la dieta balanceada para tilapia negra en etapa de engorde con inclusión de harina de guaba.

Tabla 29

Contenido nutricional de materias primas en la formulación de balanceado para tilapia negra en etapa de engorde de acuerdo a un sistema lineal

Materia prima (%)	PB (%)	GB (%)	ENN (%)	FB (%)	CE (%)	ED (kcal/kg)	MS (%)	EB (kcal/kg)
Torta de Soya	41.96	1.47	43.57	5.80	7.20	343.21	93.27	9.77
Maíz	8.70	6.50	79.55	3.90	1.35	317.95	88.10	9.41
Guaba	6.38	0.40	87.29	1.74	4.19	116.80	97.08	9.03
Melaza	2.40	0.00	97.60	0.00	0.00	119.21	78.88	6.81
Trigo	16.59	3.73	69.83	5.52	4.33	128.87	96.20	9.12
Aceite de soya	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	335.00	0.00	21.51

En la Tabla 30 se observa las necesidades nutricionales de tilapia en etapa de engorde, obteniendo valores en gramos por kilogramo de balanceado elaborado.

Tabla 30

Necesidades nutricionales de la tilapia en etapa de engorde

TRATAMIENTOS	T. Soya	Maíz	Melaza	Trigo	Guaba	Acsoj.	Metio.	Lisin.	Vit.	Sum.
	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	g/Kg	
T1 0%	490	220	50	170	0	50	5	5	10	1000
T2 15%	520	150	40	70	150	50	5	5	10	1000
T3 30%	548	30	40	12	300	50	5	5	10	1000

La formulación de las dietas alimenticias para tilapia en etapa de engorde respecto al porcentaje de proteína bruta, grasa bruta, carbohidratos, fibra bruta, cenizas, energía metabolizable y energía digestible, se evidencian en la Tabla 31.

Tabla 31

Formulación de las dietas alimenticias para tilapia negra en etapa de engorde

Tratamientos	PB (%)	GB (%)	CHO (%)	FB (%)	CE (%)	EM (kcal/kg)	PD/ED (kcal/kg)
T1 (0%)	25.41	5.57	55.60	4.64	4.56	3.45	3.58
T2 (15%)	25.34	4.28	56.47	4.25	4.88	3.41	3.59
T3 (30%)	25.46	3.28	57.19	3.88	5.30	3.36	6.63

3.12.5 Elaboración de una dieta balanceada para tilapia negra en etapa de engorde

Una vez lista la harina de guaba se procedió a mezclar de manera homogénea en conjunto con las demás materias primas (harina de trigo, harina de maíz, melaza, torta de soya y aceite de soya) adicionando lisina, metionina y una premezcla vitamínica mineral para la elaboración de

dos dietas experimentales de acuerdo a las formulaciones propuestas evidenciadas en las Tablas anteriormente mencionadas 29,30 y 31 utilizando agua tibia a 45°C por cada cinco kilogramos de alimento (Figura 8 y Anexo 8).

3.12.6 Peletizado del balanceado

Mediante el uso de un molino de carne manual con una adaptación de perforaciones permitió dar forma al balanceado, con una granulometría de 0.003 x 0.003 m, al que se sometió a un proceso de cocción en un horno temporizador a una temperatura de 90°C durante tres a cinco minutos o de forma más económica el uso de un secador artesanal que llevó aproximadamente dos días a temperatura ambiente bajo sombra eliminando el exceso de humedad. (Figura 8 y Anexo 8).

La tecnología empleada en la elaboración de las dietas balanceadas con harina de guaba (semilla y pulpa) se justifica por la falta de maquinaria y recursos económicos, siendo factible implementar un sistema simple y efectivo con molinos manuales y material de uso frecuente (horno).

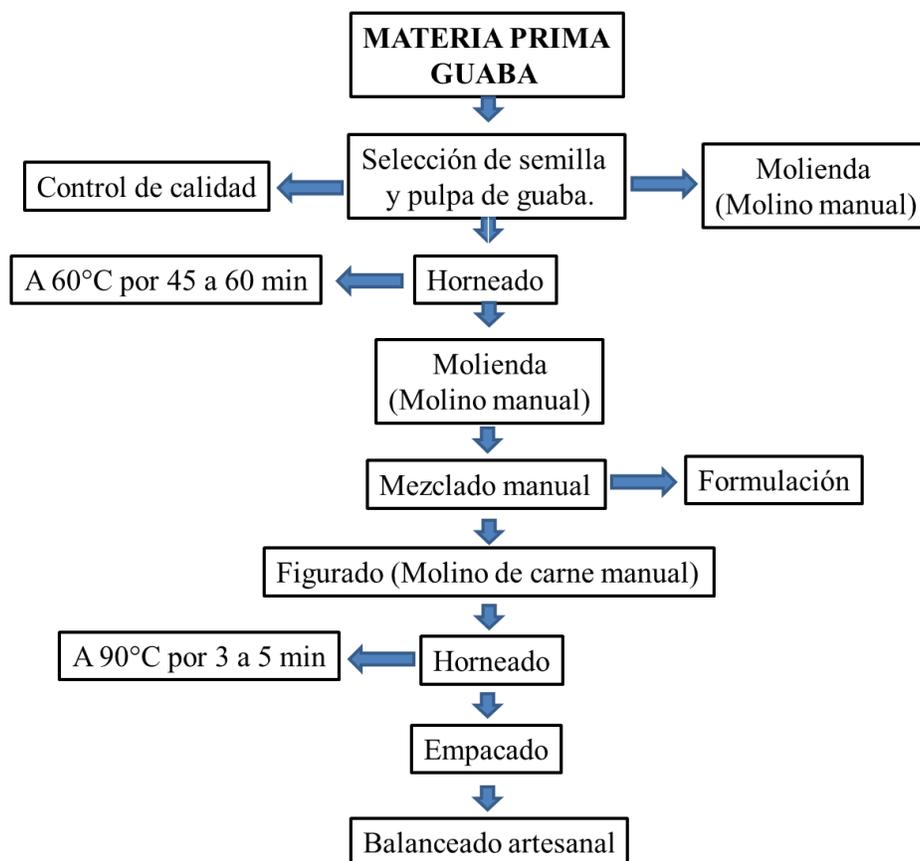


Figura 8. Proceso de elaboración de harina de guaba y balanceado artesanal para tilapia
Fuente: Villareal (2008), modificado por el Autor (2019)

3.12.7 Adecuación del área experimental

El estanque se construyó con el uso de maquinaria pesada, de forma rectangular (9 m x 7 m) y profundidad promedio de un metro con un volumen de 65 m³, los desagües de las piscinas fueron construidos con tubo PVC de cuatro pulgadas, mismos que se colocaron al nivel del piso de las piscinas, una vez llenado el estanque se colocó nueve jaulas flotantes con 15 tilapias cada una por debajo de la densidad promedio de este cultivo (36 peces por m³ según Martínez, et al., 2010) para mejorar la conversión alimenticia, con un total de 135 tilapias en etapa juvenil de unos 0.15 m a 0.17 m de longitud total promedio.

Toda el área del ensayo fue cercada con caña guadua chancada a una altura de 0.80 m sujeta en postes del mismo material, los cuales se dejaron a una altura de 2.50 m para la sujeción de la malla plástica anti-pájaros (Anexos 12).

3.12.8 Llenado del estanque

Después de las dos primeras semanas de haber realizado el encalado del estanque se llevó a cabo el llenado del mismo con agua natural de manantial (65 m^3) llevado en manguera de plástico de una pulgada desde el nacimiento u ojo de agua, con una distancia de 350.00 m del lugar donde se ubicó el experimento (Anexo 10).

3.12.9 Encalado del estanque

Antes de llenar el estanque con agua de vertiente natural llevada por manguera a 350.00 m de distancia; se agregó cal viva sobre el fondo y paredes del mismo (900.00 g total), para desinfectar y eliminar cualquier tipo de microorganismo patógeno que pueda afectar al cultivo de la tilapia negra (Anexo 11).

3.12.10 Construcción de jaulas

Las jaulas flotantes fueron elaboradas a partir de materiales propios del lugar con una estructura hecha de tirantes de madera sujetas con piola formando un cubo dando una capacidad de un metro cúbico, recubiertas por malla plástica cuadrículada de 0.02 m, su base reforzada con caña guadua y 0.10 m de pared al contorno de las jaulas con el propósito de que el balanceado quede dentro de la misma, además con un segundo propósito el de flotamiento (Anexo 10).

3.12.11 Fertilización del estanque

La preparación consistió en diluir estiércol de bovino seco previamente calculado para el volumen de agua a fertilizar (560.00 g), en un balde (20 litros de capacidad) con el 75% de agua mezclando y dejando fermentar durante dos días, después se coló eliminando los sólidos, para una vez lleno el estanque fertilizar de forma homogénea (Anexo 13). Es importante mencionar que la fertilización se realizó cada dos semanas dependiendo la vida vegetal acuática (zooplanctón y algas presentes en el agua del estanque, evidenciados por su color verde marrón) durante 12 semanas que duró el experimento.

3.12.12 Adquisición de animales

Se adquirieron 135 tilapias con un peso promedio de 83.86 g/pez y una longitud total comprendida entre 14 cm y 17 cm en etapa juvenil de 90 días de edad aproximadamente, sexados (machos) por reversión sexual en etapa larvaria, comprados en la explotación piscícola de la comunidad San Pedro, ubicada a 30 minutos del sitio donde se realizó el experimento, transportadas en fundas plásticas con el 25% de agua y el 75% de oxígeno, como se observa en el Anexo 14.

3.12.13 Fase de aclimatación

Los peces una vez adquiridos fueron colocados en la piscina hasta su aclimatación, en las mismas condiciones en las que se transportó, antes de ser liberados permanecieron en la superficie del estanque por 30 min para que la temperatura del agua que contiene la funda plástica iguale a la temperatura del agua en el estanque como se observa en el Anexo 14. Además su adaptación al nuevo estanque tuvo una duración de dos semanas antes de iniciar el experimento, donde fueron alimentados con una dieta comercial la cual se suspendió un día antes del inicio del experimento para contar con el peso real de cada animal.

3.12.14 Alimentación

En experimento dio inicio a partir de los 90 días de edad con un peso de 83.86 g/pez y una longitud total comprendida entre 14 cm a 17 cm, se suministró el alimento balanceado formulado con harina a base de semilla y pulpa de guaba (*Inga spp.*) hasta finalizar la etapa de engorde con una duración de 12 semanas. Los 135 peces fueron alimentados con una ración del tres por ciento de la biomasa del pez distribuido tres veces al día a las siete de la mañana, medio día y cinco de la tarde, donde se observó y registró el alimento consumido (Anexo 15).

3.12.15 Parámetros de calidad del agua

Mediante el uso de un kit (Aquatest professional COLOMBO) (Figura 9) e instrumentos de laboratorio para analizar la calidad de agua, se obtuvo los parámetros ya antes mencionados como: temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza, amonio, nitritos, nitratos,

fosfatos, los cuales estuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de la tilapia negra en etapa de engorde, los cuales evidenciamos en la Tabla 28.



Figura 9. Kit de análisis de agua

3.12.15.1 Oxígeno disuelto: se midió con la utilización de un oxímetro (Anexo 17 y 18) de alta precisión durante toda la etapa de engorde de la tilapia negra, realizando análisis semanales en los cuales se recolectó muestras de agua de diferentes partes del estanque obteniendo como resultado un promedio de seis miligramos por litro.

3.12.15.2 Medición de la temperatura: se la realizó mediante el uso de un termómetro flotante adecuado para la toma de datos en piscicultura (Anexo 17 y 18), con el cual se obtuvo valores que variaron entre los 22°C a 26°C, los cuales fueron medidos tres veces por día, a las siete de la mañana, doce del mediodía y seis de la tarde teniendo como promedio diario 24°C.

3.12.15.3 Turbidez del agua: se determinó con la lectura del disco Secchi, el cual presenta colores vistosos sujeto por una barra, piola o cinta medida en centímetros, dándonos una clara idea del contenido de vida acuática y partículas presentes en el agua del estanque donde se obtuvo datos de entre 30 cm a 35 cm de transparencia del líquido, siendo de gran ayuda al momento de fertilizar el mismo (Anexo 17 y 18).

3.12.15.4 pH del agua: fue medido mediante la recolecta de cinco mililitros de agua de diferentes partes del estanque con el uso de una jeringa posterior a ello se aplicó cinco gotas de reactivo para pH la cual se dejó reposar varios minutos donde se

determinó mediante una gama de colores (Anexo 17, 18) una coloración de un pH neutro (7.5).

3.12.15.5 Análisis de nitratos: mediante la utilización de pruebas de color (tarjetas colorimétricas) y mediante el uso de reactivos, se procedió a recolectar muestras de agua de varios sitios del estanque de las cuales solo se ocupó 10 ml en las que se incluyó cinco gotas de NO_3^{-1} , cinco gotas de NO_3^{-2} y un gramo de spoon (reactivo) agitando durante 15 minutos donde se obtuvo 0.06 mg/l (Anexo 17 y 18).

3.12.15.6 Análisis de nitritos: se procedió con la recolección de la muestra de cinco mililitros a la cual se le agrego cinco gotas de NO_2 y al término de cinco minutos de agitación se obtuvo un valor óptimo de 0.08ml/l (Anexo 17 y 18).

3.12.15.7 Análisis de amonio: con la obtención de la muestra de 10 ml y la colocación de cinco gotas de NH_3^{-1} , cinco gotas de NH_3^{-2} y cinco gotas adicionales de NH_3^{-3} agitados en un lapso de 15 minutos se determinó un contenido de amonio de 0.10 mg/l (Anexo 17 y 18).

3.12.15.8 Análisis de fosfatos: ya una vez hecha la recolecta de cinco mililitros como muestra se agregó cinco gotas de PO_4^{-1} , cinco gotas de PO_4^{-2} adicional se diluyó dos gramos de reactivo en polvo, se agitó y espero por 10 m y mediante el proceso antes mencionado se llegó a determinar que el agua contiene 0.50 mg/l de fosfatos (Anexo 17 y 18).

3.12.15.9 Alcalinidad: con el proceso de recolección de agua en una muestra de cinco mililitros se añadió cuatro gotas de KH, donde se determinó que el agua en el estanque obtuvo 4°DH equivalente a 40 mg/l de disolución de minerales básicos carbonatados, (Anexo 17 y 18).

3.12.15.10 Dureza: con un proceso similar al realizado para el análisis de alcalinidad se evaluó la calidad del agua en cinco mililitros de muestra a la cual se le agrego cinco gotas de GH-1 y cuatro gotas de GH-2 y al término de un minuto se llegó a determinar

que el agua tenía 4°DH equivalente a 71.20 mg/l de concentraciones de calcio y magnesio (Anexo 17 y 18).

3.12.16 Muestreos

Una vez realizada la compra de los animales, además de la adaptación, aclimatación y alimentación con balanceado comercial por dos semanas, se dió inicio a la etapa de engorde donde se realizó un pesaje y medición inicial (Anexo 19) que en lo posterior se repitió periódicamente cada siete días a toda la unidad experimental (135 tilapias), donde se optó por el uso de agua salina (10.00 g/l de sal), de un recipiente y una balanza digital de precisión (0.00 g de exactitud), con la finalidad de adormecer al pez y evitar su maltrato agilizando el proceso de evaluación de las variables (Anexo 20,21, 22, 23 y 24).

3.12.17 Cosecha de peces

Una vez finalizado el experimento que tuvo una duración de 12 semanas, se procedió con el drenado del estanque en un 75%, consecuentemente se dio inicio a la cosecha de los peces de cada una de las unidades experimentales (Anexo 20), siendo un total de 129 tilapias, posterior a ello se evaluó las variables longitud y rendimiento a la canal donde se obtuvo el peso total del animal en fresco y el peso después del eviscerado y escamado para finalmente proceder al fileteado y cocción a vapor del mismo realizando un análisis de aceptabilidad y finalizando con un análisis económico.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de aplicar la metodología planteada se procedió a realizar la evaluación mediante un análisis de varianza, obteniendo los siguientes resultados en la investigación.

4.1 Consumo de alimento

Los resultados mostraron que el T1 con 15% de inclusión de harina de guaba se estableció como el tratamiento de mayor aceptabilidad a nivel de esta variable, con un suministro de alimento del tres por ciento del peso vivo del animal durante toda la etapa estudiada, iniciado con un peso promedio de 84.73 g/pez (T1), 83.42 g/pez (T2), y 83.44 g/pez (T3), con un consumo inicial de balanceado de 2.54 g/pez/día (T1) y 2.50 g/pez/día (T2 y T3), un consumo final de 5.46 g/pez/día (T1), 5.26 g/pez/día (T2) y 5.03 g/pez/día (T3) y finalmente un consumo promedio de 5.25 g/pez/día.

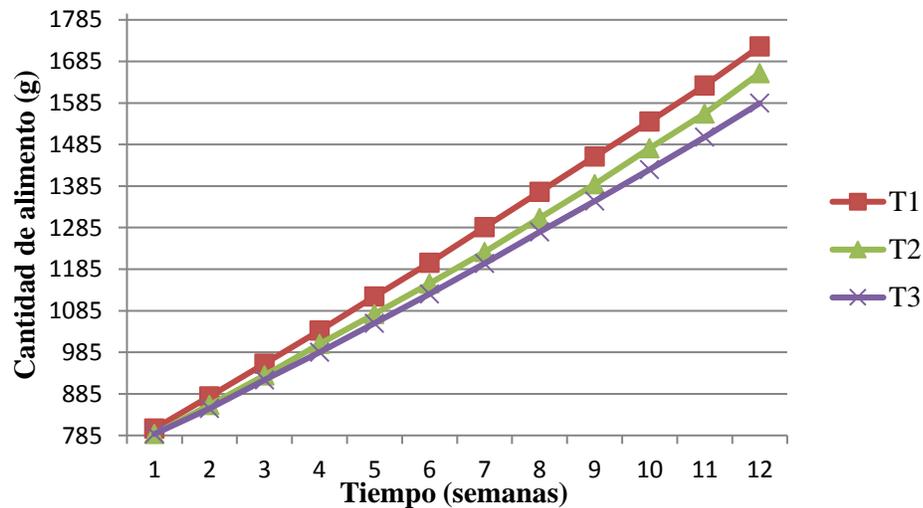


Figura 10. Consumo de alimento semanal

Es necesario especificar que se ajustó la proporción del alimento cada siete días hasta finalizar la etapa de investigación (12 semanas) como se evidencia en la Figura 10.

De acuerdo a Contreras (2012), la utilización del 15% de harina de arveja (*Pisum sativum*) en la dieta balanceada para tilapia en etapa de engorde, es de buena palatabilidad, esto debido a la

cantidad de alimento consumido por cada pez (3.54 g/pez/día), gracias a la apariencia del alimento en su forma, tamaño, color, olor y sabor.

De acuerdo a Barragan, et al. (2017), la utilización de harina de soya con un 40% de inclusión en dietas balanceadas para tilapia negra en etapa de engorde, se obtiene un consumo diario de 4,32 g/pez/día, donde no se encontraron diferencias significativas dentro de esta variable, valores similares a los obtenidos en la presente investigación, los cuales son atribuidos a que el alimento consumido no fue elaborado con un proceso industrializado donde el pellet tiene una flotabilidad mayor al estudiado o características idóneas donde el pez pueda aprovechar al máximo este alimento.

4.2 Ganancia de peso

Para el registro de esta variable se utilizó una balanza digital gramera para determinar la ganancia de peso semanal de cada una de las tilapias en estudio (45 tilapias por cada tratamiento), donde el T1 con 15% de inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba obtuvo un resultado mayor a los demás tratamientos a nivel de esta variable, tomando en cuenta que se inició con un peso promedio de 83.86 g/pez alcanzando un peso final de 175.10 g/pez, es decir, el T1 finalizó con una ganancia de peso promedio de 97.50 g/pez superior al T2 con 5.78% y al testigo con 13.59% (Tabla 29).

Tabla 29

Peso promedio en la variable ganancia de peso

Tratamiento	Peso promedio (g/pez)
T1	97.50
T2	91.87
T3	84.25
Promedio	91.21

Dentro de la Figura 11 se observa el aumento de peso semanal por tratamiento destacando considerablemente el T1, sin embargo en promedio el T2 es superior por mínima diferencia.

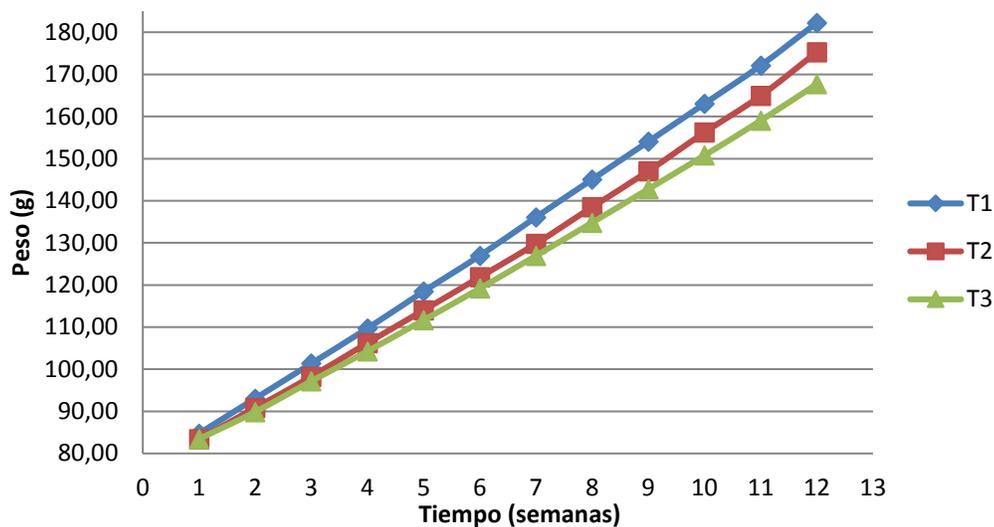


Figura 11. Ganancia de peso semanal

La Tabla 30 muestra diferencias no significativas al 5% entre la interacción de los tratamientos con la variable ganancia de peso ($F=0.22$; $Gl=22$; $P=0.99$), sin embargo independientemente los tratamientos inciden sobre la variable, con un coeficiente de variación de 28.16% y un promedio de 91.21g, lo que concuerda con lo encontrado por Contreras (2012), al sustituir harina de arveja (*Pisum sativum*) por harina de pescado en un 15% en dietas para tilapia nilótica en etapa de engorde, no encontraron diferencias significativas.

Tabla 30

Análisis de varianza de la ganancia de peso

Fuente de variación	GL tratamientos	GL del Error E.	Valor-F	Valor-P
Tratamiento	2	2.49	10.96	0.0001 **
Peso	11	2.49	252.16	0.0001 **
Tratamiento: Peso	22	2.49	0.22	0.9999 ns

Nota: GL: grados de libertad; **: altamente significativo; ns: no significativo.

La prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher al 5% (Tabla 31), presentó dos rangos (A y B), el primero constituido por el T1 y T2, el segundo por el T3. Es decir que el mejor tratamiento fue el T1 donde el incremento de peso promedio alcanzó 97.50 g el cual es el

mejor con relación a los demás tratamientos y por ende mucho más económico pese a que el T2 también se ubicó en el mismo rango pero con una diferencia mínima de 5.63 g de peso equivalente al 5.80% y frente al testigo (T3) 13.25 g de peso siendo el 13.60%.

Tabla 31

Prueba DMS Fisher al 5% para tratamientos

Tratamiento	Medias (g)	Rango
T1	97.50	A
T2	91.87	A
T3	84.25	B

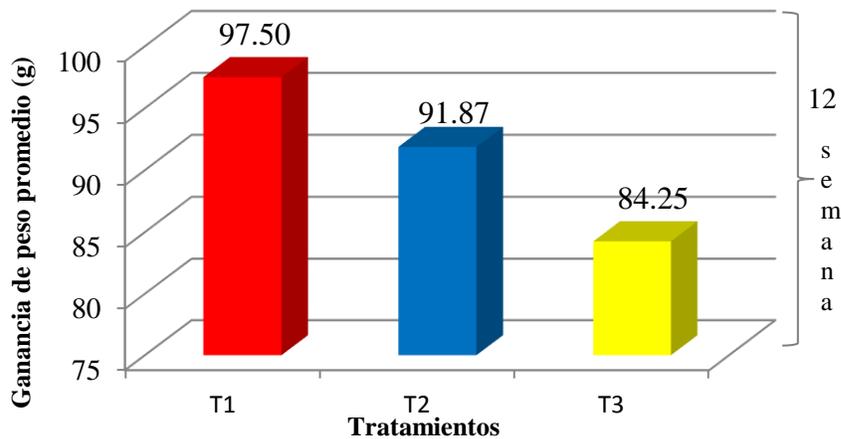


Figura 12. Ganancia de peso por tratamiento

La Figura 12 muestra valores de 97.50 g, 91.87 g y 84.25 g para el T1, T2 y T3, respectivamente en un lapso de tiempo de 84 días, valores similares al estudio realizado por Barragan, et al. (2017), donde mencionan que la utilización de harina de soya en un 40% de inclusión en dietas balanceadas para tilapia negra en etapa de engorde, se obtiene ganancias de peso de 116.80 g.

Contreras (2012) reporta incrementos de 109.20 g con 15% de harina de arveja (*Pisum sativum*) en 59 días. Los valores reportados por los autores antes mencionados son superiores a comparación de los obtenidos en el presente estudio, sin embargo el T1 es el más propicio a la hora de alimentar las tilapias.

4.3 Longitud total

Para la obtención de los valores de longitud se evaluó con un flexómetro (cm), midiendo desde el inicio del labio inferior de la boca a la parte posterior de la cola caudal del pez, donde el T1 con 15% de inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba, se estableció como el mejor tratamiento a nivel de esta variable, con una longitud inicial promedio de 17.35 cm/pez (T1), 17.30 cm/pez (T2) y 17.17 cm/pez (T3); alcanzando una talla comercial promedio de 20.92 cm/pez (T1), 20.74 cm/pez (T2) y 20.43 cm/pez (T3), es decir, que T1 ganó una longitud de 3.58 cm superior al T2 con 3.63%, con relación al testigo del 7.82% (Tabla 32).

Tabla 32

Datos de la variable incremento de longitud

Tratamiento	Incremento de longitud (cm)	Longitud total (cm)
T1	3.58	20.92
T2	3.45	20.74
T3	3.30	20.43
Promedio	3.44	20.70

Tabla 33

Análisis de varianza para la variable longitud total

Fuente de variación	GL tratamientos	GL del Error E.	Valor-F	Valor-P
Tratamiento	2	0.12	21.61	0.0001 **
Longitud	11	0.12	96.65	0.0001 **
Tratamiento: longitud	22	0.12	0.16	0.9999 ns

Nota: GL: grados de libertad; **: altamente significativo; ns: no significativo.

En esta variable no existió diferencias significativas al 5% entre la interacción de los tratamientos con el incremento de longitud ($F=0.16$; $Gl=22$; $P=0.99$) como se observa en la Tabla 33, con un coeficiente de variación de 9.38%. Sin embargo independientemente los tratamientos si influyeron significativamente sobre la variable evaluada.

Tabla 34

Prueba DMS Fisher al 5% para tratamientos

Tratamiento	Medias (cm)	Rango
T1	20.92	A
T2	20.74	B
T3	20.43	B

La prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher al 5% (Tabla 34), presentó dos rangos (A y B), el primero está constituido por T1, el segundo por el T2 y T3. Es decir que el T1 (15% de inclusión) tuvo un mayor incremento de longitud promedio alcanzando 20.92 cm y una ganancia de peso promedio de 97.50 g, registrándose como el de mejor comportamiento.

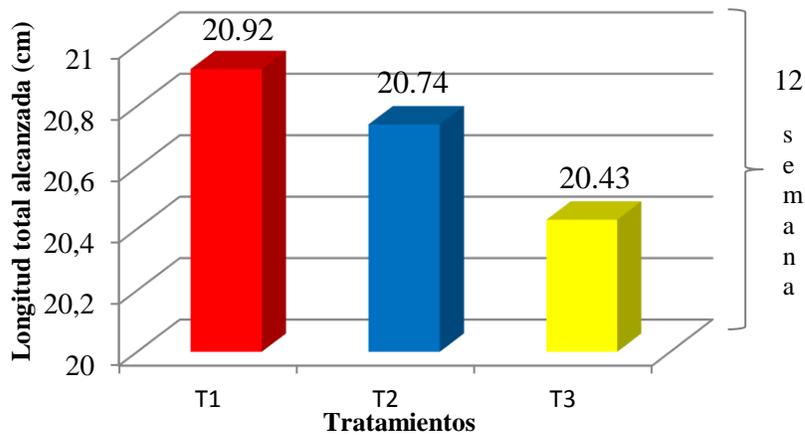


Figura 13. Longitud total (cm) desde la boca a la cola del pez

De acuerdo con la Figura 13 el T1 se diferenció de los demás tratamientos con una mayor longitud total promedio de 20.92 cm, un incremento de 3.58 cm desde el inicio del experimento, con un promedio general de los tres tratamientos de 20.70 cm sobresaliendo del promedio recomendado en esta etapa que es de 20 cm.

Barragán, et al. (2017) menciona que al incluir 50% de harina de soya como alimento para tilapia del Nilo alcanza longitudes promedio de 23.72 cm, superiores a las registradas en este estudio.

Contreras (2012), el cual usó 15% de harina de arveja (*Pisum sativum*) en la dieta balanceada para tilapia, reporta una longitud total promedio de 22.48 cm. En general los resultados

obtenidos en la presente investigación se encuentran en rangos similares al de otras investigaciones.

4.4 Conversión alimenticia

Para la obtención de los valores de conversión alimenticia se debe tomar en cuenta el suministro de alimento más no el consumo y la ganancia de peso, siendo una conversión alimenticia en la que no se consideró el desperdicio, debido a las limitaciones que implica tomar estos datos en un ensayo de campo.

Tabla 35

Datos de la variable conversión alimenticia

Tratamiento	Conversión alimenticia
T1	3.20
T2	3.00
T3	3.10
Promedio	3.10

El T2 con 30% de inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba, sobresalió de los demás tratamientos a nivel de esta variable, con una conversión alimenticia de 3.00 (T2) y un promedio general de 3.10, en la que consumió un promedio total de 5.25 g/pez/día (Tabla 35).

Tabla 36

Análisis de varianza de la conversión alimenticia

Fuente de variación	GL tratamientos	GL del Error E.	Valor-F	Valor-P
Tratamiento	2	0.09	0.72	0.5398ns

Nota: GL: grados de libertad; ns: no significativo.

En la Tabla 36 se puede evidenciar que el análisis estadístico respecto a esta variable no detectó diferencias significativas al 5% entre los tratamientos con la conversión alimenticia (F=0.72; Gl=2; P=0.53), con un coeficiente de variación de 8.62%.

Tabla 37

Prueba DMS de Fisher al 5% para tratamientos

Tratamiento	Medias	Rango
T1	3.20	A
T2	3.00	A
T3	3.10	A

Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher al 5% (Tabla 37), se evidenció la presencia de un solo rango (a) para los tres tratamientos, es decir que, todos son similares con respecto a esta variable, sin embargo el T2 (30% de inclusión de harina semilla y pulpa de guaba) tiene una mejor conversión alimenticia a comparación del T1 Y T3 (Figura 14).

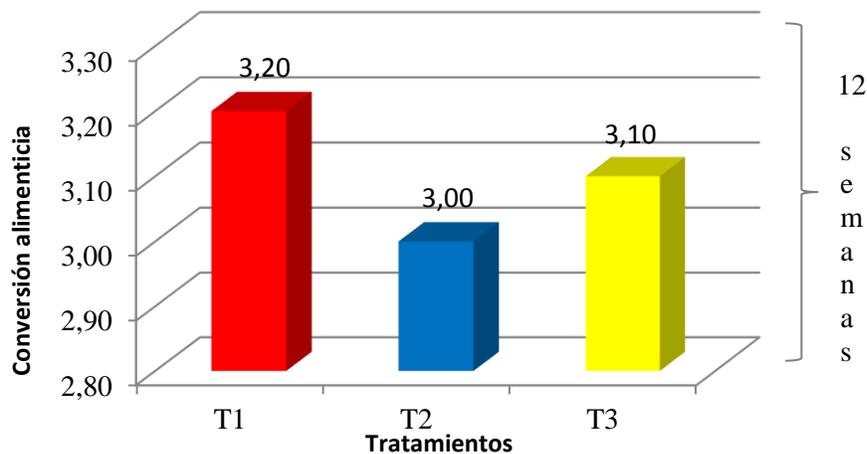


Figura 14. Conversión alimenticia

El factor de conversión alimenticia de la especie evaluada no fue satisfactorio en comparación con los valores recomendados en cultivos de tilapia negra a nivel industrial que van desde 1.40 a 2.50 (Martínez et al., 2017).

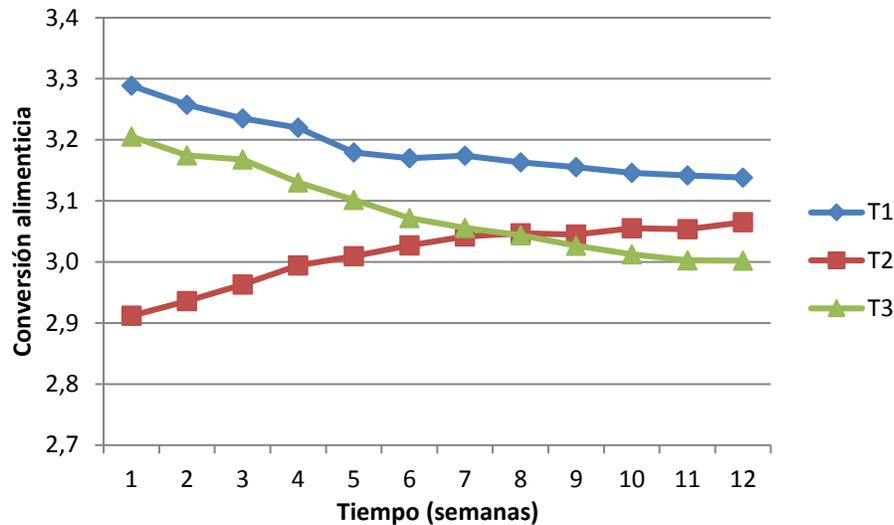


Figura 15. Conversión alimenticia semanal

El promedio obtenido en la investigación fue de 3.20 (T1), 3.00 (T2) y 3.10 (T3) (Figura 15), con inclusión de harina de guaba (semilla y pulpa) y al ser superiores al de otras investigaciones, los animales necesitaron mayor cantidad de alimento para llegar al peso deseado con valores altos con respecto a los reportados por Contreras (2012), el cual usó 15% de harina de arveja (*Pisum sativum*) en la dieta balanceada para tilapia, obteniendo una conversión de 2.03.

De acuerdo a Barragan, et al. (2017), el uso de harina de soya en un 40% de inclusión en dietas balanceadas para tilapia negra, se obtiene una conversión de 1.90, superior a los registrado en el presente estudio. Cabe mencionar que dentro de la presente investigación el suministro de alimento diario fue en relación al tres por ciento de la biomasa del pez, donde no se calculó el consumo de alimento verdadero más bien se fijó como consumo aparente, de igual manera las características del balanceado no fueron las mismas al de un alimento industrializado.

4.5 Rendimiento a la canal

Para la evaluación de esta variable se tomó en cuenta el peso final en fresco del pez con vísceras y eviscerado donde se eliminó escamas, lengua, branquias y mucosa de la piel. El T2 con 30% de inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba referente al rendimiento de la canal se estableció como el mejor tratamiento a nivel de esta variable, con un rendimiento a la canal del 79.64% seguido por el T3 con 79.22% y finalizando con el T1 con 78.39%, es decir, que T2 obtuvo mayor aceptabilidad a la dieta formulada (Tabla 38).

Tabla 38*Datos de la variable rendimiento a la canal*

Tratamiento	Peso vivo(g)	Peso eviscerado (g)	Peso vísceras (g)	Rendimiento a la canal (%)
1	182.23	142.86	39.37	78.39
2	175.30	139.62	35.68	79.64
3	167.69	132.85	34.84	79.22
Promedio	175.07	138.44	36.63	79.08

La Tabla 39 indica que estadísticamente no existe diferencia significativa al 5% entre tratamientos con el rendimiento a la canal, sin embargo podemos evidenciar que independientemente hay significancia de los tratamientos ($F=4.13$; $Gl=2$; $P=0.01$); con un coeficiente de variación de 20.24% y un rendimiento a la canal promedio de 79.08%.

Tabla 39*Análisis de varianza del rendimiento a la canal*

Fuente de variación	GL tratamientos	GL del Error E.	Valor-F	Valor-P
Tratamiento	2	1.64	4.13	0.0184 **

Nota: GL: grados de libertad; **: altamente significativo.

Al realizar la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher al 5% (Tabla 40), se evidenció la presencia de dos rangos (A y B) el primero lo comparten el T1 y T2, el segundo de igual manera por el T2 y T3., es decir, todos difieren con respecto a esta variable, sin embargo el T2 al poseer los dos rangos es mayor con mínima diferencia a los T1 y T3.

Tabla 40*Prueba DMS Fisher al 5% para tratamientos*

Tratamiento	Medias (%)	Rango
T1	78.39	A
T2	79.64	AB
T3	79.22	B

La Figura 16 muestra los valores del rendimiento a la canal obtenidos con la inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba en la alimentación de tilapia negra en etapa de engorde con 78.39%, 79.64% y 79.22% para el T1, T2 y T3, respectivamente, tomando en cuenta el peso promedio de los animales cosechados (frescos), sin vísceras, branquias, lengua, escamas y mucosa de la piel valores similares con respecto a los registrados por Contreras (2012), el cual usó 15% de harina de arveja (*Pisum sativum*) en la dieta balanceada para tilapia, reportando porcentajes del rendimiento a la canal de 75.61% a 78.18% sin escamas ni vísceras.

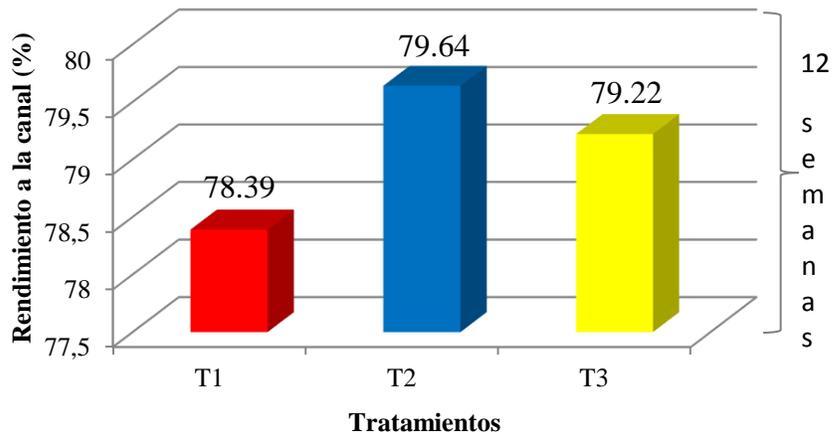


Figura 16. Rendimiento a la canal

El valor máximo alcanzado en el estudio realizado por Barragan, et al. (2017), con utilización de harina de soya en un 40%, fue de 86.04% y 88.20% en las mismas condiciones de cultivo que la presente investigación, sin presentar diferencias significativas, datos superiores a los obtenidos en el presente estudio, sin embargo similares en un análisis estadístico.

4.6 Mortalidad

Referente a la variable mortalidad estadísticamente no existe diferencia significativa al 5%, entre tratamientos ($F=0.60$; $GI=2$; $P=0.59$), con un coeficiente de variación de 10.61%. Es decir, que los tratamientos no influyeron sobre esta variable, donde los balanceados formulados, no presentaron efectos negativos sobre la mortalidad, por lo contrario el alimento fue consumido sin ningún problema.

Es necesario mencionar que el número de peces muertos en el lapso de tiempo que duró la investigación (seis peces) se debió al exceso de manipulación al momento de la toma de datos

(peso y longitud) ocasionando lesiones en la piel de los peces dejándolos expuestos a enfermedades que a su vez ocasionaron su muerte.

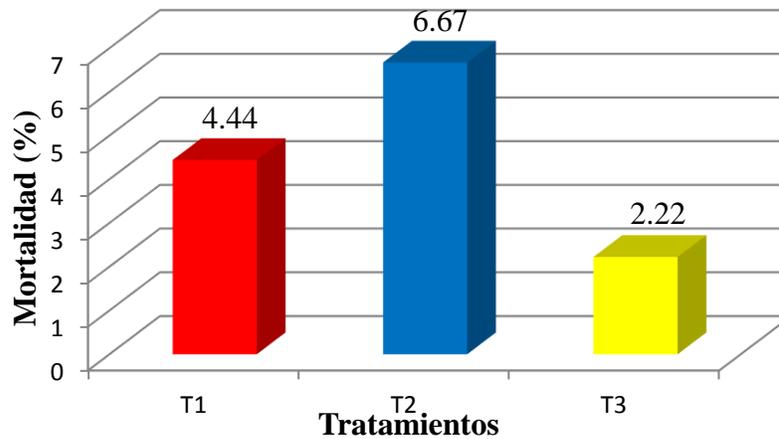


Figura 17. Mortalidad

Los resultados obtenidos en la investigación indican que el mayor porcentaje de mortalidad registrado fue del T2 con un 6.67% correspondiente a 3 peces, seguido por el T1 con 4.44% (2 peces) y el menos afectado el T3 con 2.22% (1 pez) (Figura 17). El promedio de mortalidad que arrojó la investigación fue de 4.44%, superior a los índices reportados por Barragan, et al. (2017), con la utilización de harina de soya en un 40% de inclusión, que fueron del 3.30%, y a los obtenidos por Aguilar (2010) que reporta mortalidades en la fase de engorde entre 1.19% y 1.39% siendo valores óptimos para esta especie en esta etapa.

Por otra parte Contreras (2012), reporta mortalidades del 4.20% con inclusión de harina de arveja (*Pisum sativum*), datos similares a los obtenidos en la presente investigación.

4.7 Análisis de aceptabilidad

Para esta variable, se procedió de la siguiente manera; al finalizar la investigación se tomó al azar un pez por cada unidad experimental y con la ayuda de ocho degustadores se evaluaron las siguientes características organolépticas: color, olor, textura, y sabor de todos los tratamientos, se calificó en una escala de 1-4, donde 1 fue mínimo, 2 moderado, 3 fuerte y 4 intenso, (Anexo 24). Los datos registrados se evaluaron mediante las pruebas de Friedman.

Los tratamientos si influyeron positivamente sobre la variable olor del filete en fresco; los tratamientos estadísticamente no influyeron en el olor del filete cocido al vapor; la interacción

entre los tratamientos con el color del filete en fresco influyeron positivamente sobre la variable; los tratamientos del color del filete cocido al vapor no influyeron sobre esta variable; no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos con la textura del filete en fresco; los tratamientos con la textura del filete cocido al vapor no influyeron sobre la variable sometida a este proceso de cocción; En el sabor del filete cocido al vapor no se encontró diferencias significativas entre tratamientos, es decir, que no influyeron en el sabor del mismo.

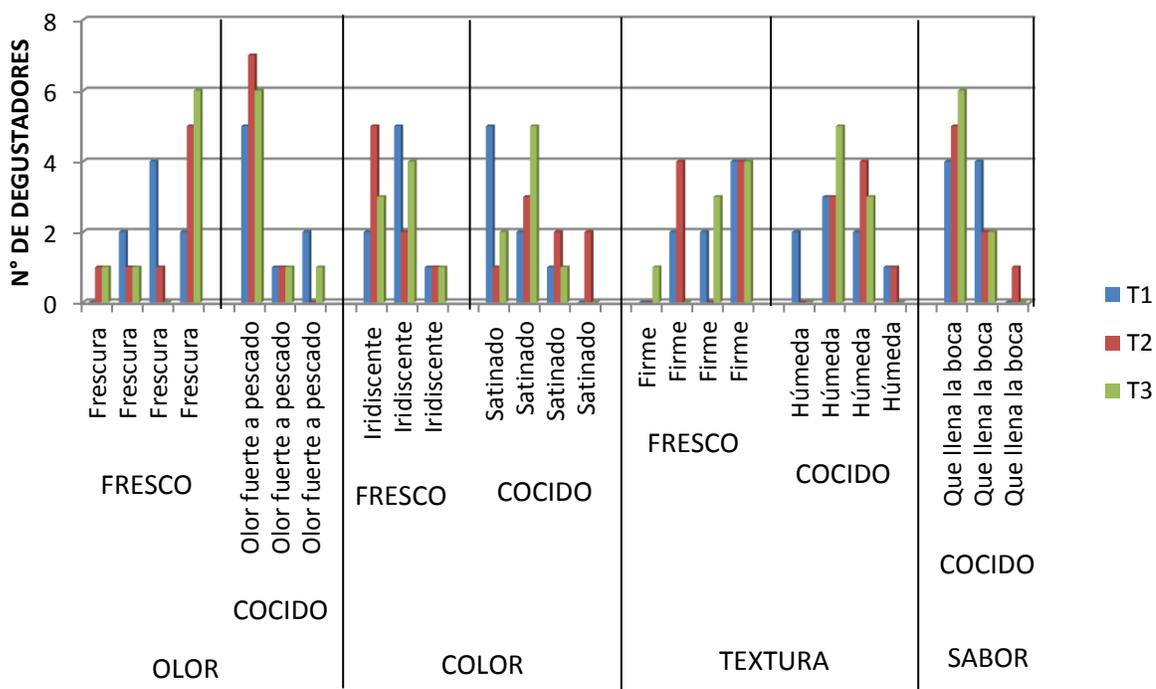


Figura 18. Análisis de aceptabilidad

La Figura 18 muestra que en el análisis del olor del filete en fresco lo calificaron con una frescura intensa al T2 y T3, mientras que en un proceso de cocción a vapor obtuvo una calificación de olor a pescado fuerte mínima para los tres tratamientos. Con respecto al color del filete en fresco el T1 destacó con un olor iridiscente mínimo, por otro lado el filete cocido a vapor el T1 destacó de los demás tratamientos. En la textura del filete en fresco lo calificaron como firme intenso a los tres tratamientos, destacando el T2 con una humedad fuerte, finalmente un sabor ¡que llena la boca! moderado para el T1.

De acuerdo a Barragan, et al. (2017), la utilización de harina de soya con un 40% de inclusión en dietas balanceadas para tilapia negra tuvo mayor aceptación por parte de los consumidores

quienes calificaron el filete con buenos atributos organolépticos, es decir que entre mayor sea el porcentaje de inclusión de harinas vegetales en dietas balanceadas la calidad sensorial de la carne aumenta, mientras que Villareal (2008) no evidenció características organolépticas anormales a las típicas de la especie, al incluir una dieta balanceada de origen vegetal.

4.8 Análisis económico

El análisis económico se realizó con la finalidad de comparar el costo de producción de los balanceados. Tomando en cuenta lo antes mencionado en la presente investigación se elaboró una dieta balanceada con harina de guaba (semilla y pulpa) donde se obtuvo un rendimiento del 25% (11.25 kg) de un saco de 45 kg del fruto de guaba con un costo de 0.59 USD por kilogramo de esta harina.

La reducción del costo de elaboración de la harina de guaba se encuentra ligada a que en el país existen zonas tanto tropicales como subtropicales donde los acuicultores tienen la capacidad de obtener su propia materia prima gracias a la disponibilidad de la misma en sus fincas. Para el presente proyecto se realizó el cálculo del costo beneficio, tomando en cuenta los ingresos y egresos al final del experimento como se detalla en los Anexos 25,26,27,28,29,30,31,32 y 33

Podemos concluir que los tratamientos no llegaron a igualar los valores deseados u óptimos dentro de una explotación piscícola, debido al método utilizado para la elaboración de las dietas balanceadas ya que al comparar un alimento comercial (procesos de peletización y extrucción) con uno netamente artesanal los animales no llegan a aprovechar los nutrientes necesarios, pese a ello en el T1 se obtuvo una utilidad de 0.05 USD/kg vendido en fresco.

Comparativa: el costo en insumos, mano de obra y transporte es inferior al de un balanceado comercial tradicional, gracias a la disponibilidad de materia prima vegetal en la zona.

4.9 Prueba de hipótesis o confirmación

De acuerdo con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula, en que, la inclusión de la harina de *Inga* spp. (semilla y pulpa) en las dietas de tilapia no afecta los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la misma.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados mostraron ser no significativos pero positivos numéricamente, en la cual se probó dos dieta balanceadas a partir de harina a base de semilla y pulpa de guaba, donde el nivel de inclusión óptimo fue del 15% con una ganancia de peso de 97.50 g y una longitud de 20.92 cm.
- El análisis bromatológico de las materias primas utilizadas para la elaboración de una dieta balanceada para tilapia, demostró ser de utilidad a la hora de aplicar la cantidad requerida por el animal en la formulación del balanceado.
- Respecto al consumo de alimento el T2 alcanzó los mejores resultados con una ingesta de 91.87 g/pez, con un índice de conversión alimenticia alto respecto a otras investigaciones, sin embargo obtuvo una CA: 3.00, lo que quiere decir que un 30% de inclusión es lo ideal dentro de esta investigación, además de haber obtenido un rendimiento a la canal del 79.64%.
- Mientras que el T1 destacó con una con un análisis de aceptabilidad del filete donde no se detectó olores, colores, texturas ni sabores extraños de esta especie, registrando una mortalidad promedio del experimento de 4.44% y un análisis económico representativo para el T1 con una utilidad de 0.05 USD. El uso del material vegetativo en dietas alimenticias es de gran ayuda al disminuir considerablemente el uso de harina de pescado y por ende el costo de elaboración.

5.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar los efectos de la inclusión de harina a base de semilla y pulpa de guaba en dietas alimenticias sometidas a procesos más tecnificados de peletización y extrucción.
- Realizar los muestreos de los parámetros de crecimiento (peso y longitud) con intervalos de mediciones más amplios, para evitar el estrés del animal.
- Realizar un perfil de aminoácidos esenciales y minerales de la harina de guaba (semilla y pulpa) y un análisis bromatológico del filete de tilapia.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, G. (2004). Fundamentos de nutrición animal aplicada. Tercera edición. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. p. 342,370.
- Aguilar, F. (2010). Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja *Oreochromis* spp. y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* Var. Chitralada alimentadas con dietas peletizadas o extruidas (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. p. 84-101.
- Alfaro, M., Figueroa, P., Arriaga, C. y Bressani, R. (2008). Valor nutricional de la harina de semilla de *Inga*. Estudios preliminares para su incorporación a la dieta de la población rural. Universidad del Valle de Guatemala. *Centro de estudios en ciencia y tecnología de alimentos*, 2(19): 45-57.
- Arce, J. (2014). Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el coeficiente térmico de crecimiento (tesis pregrado). Universidad de Costa Rica. p. 56-65.
- Balbuena, E. (2011). Manual para extensionista en acuicultura. FAO. Recuperado el 16 de octubre de 2018 en <https://docplayer.es/5214035-Manual-para-extensionista-en-acuicultura.html>.
- Barahona, J. (2012). Evaluación de los promotores de crecimiento (mananos-olisacáridos) vs (antibióticos-bacterias) en la alimentación de tilapia en la etapa de engorde (tesis de pregrado). Guaranda, Ecuador. p. 73- 75.
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J. y Mallo J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *REDVET*, 18(9): 1-15.
- Basualdo, L., Jiménez, F., Jiménez, A., Macal, F., Mendoza, E., Montaña, D. y Gutierrez, E. (2012). Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. Recuperado el 06 de diciembre de 2017 en

<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/dgof/publicaciones/CriteriosTecnicosEconomicosTilapiaEnMexico.pdf>.

- Bautista, J. y Ruiz, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de tilapia en estanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 3(8): 265- 278.
- Beltran, J. (2016). Anatomía y fisiología del tracto digestivo de la tilapia. Recuperado el 06 de diciembre de 2017 en <https://prezi.com/svdmonlyzaze/anatomia-y-fisiologia-del-tracto-digestivo-de-la-tilapia/>.
- Bernardi, D., Teixeira, E. y Queiroz de Freitas, M. (2013). Quality index method (QIM) to assess the freshness and shelf life of fish. *Brazilian archives of biology and technology*, 56(4): 46-53.
- Bolaños, M. (2015). Evaluación del uso de alimentos alternativos en el pre-engorde y engorde de tilapia (*Oreochromis* sp) en la comunidad de Playa Rica – noroccidente de Pichincha (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. p. 55-67.
- Bonifaz, N. y Gutierrez, F. (2015). Valor nutritivo de las materias primas empleadas en la alimentación de bovinos de leche en ganaderías del cantón Cayambe. *Ciencias de la vida*, 21(1): 69-76.
- Bressani, R., Alfaro, M., Solares, P., Arreaga, C., Cajón, V., Arias, C., Rodas, B. y León, K. (2010). Valoración química nutricional de la harina de semilla de diferentes especies de *Inga* (*I. jinicuil*, *I. laurina*, *I. vera*). Estudios preliminares para su incorporación en la dieta de la población rural. Proyecto FODECYT N°043, 134-155.
- Brito, E., Guevara, R. y Endañú (2014). Aspectos biológicos e impacto socio-económico de los plecos del género *Pterygoplichthys* y dos cíclicos no nativos en el sistema fluviolagunar deltaico Rio Palizada, en el área natural protegida laguna de términos, Campeche (tesis maestría). Universidad Autónoma del Carmen. D.F. México. p. 81-84.
- Cabrera, N. (2013). Estimación de biomasa aérea de *Inga edulis* mart. y *Coffea arabica* L. en el Alto Mayo. *Centro de Innovación para la Caficultura Sostenible*, 2(10): 356-420.

- Calderón, M. (2018). Análisis del proceso productivo de tilapia (*Oreochromis* sp.) en la estación experimental Monterrico del centro de estudios mar y acuicultura (CEMA), *USAC*, 3(4): 41-67.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2018). Estadísticas de la conversión alimenticia en tilapia. Recuperado el 06 de marzo de 2018 en <http://www.cna-ecuador.com/estadisticas-cna/tilapia?limitstart=0>.
- Carranza, E. (2016). El uso de la harina de morro como ingrediente proteico para la alimentación de tilapia. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(1): 25-39.
- Carulla, A. (2015). Tilapia: el alimento ideal para una dieta saludable en el verano. [Gestión]. Recuperado el 23 de mayo de 2018 en <https://gestion.pe/tendencias/tilapia-alimento-ideal-dieta-saludable-verano-73246>.
- CEDRESSA. (2015). La acuicultura. Centro de estudios de desarrollo rural y sustentable. México. p. 88-94.
- Celín, C. (2014). Incidencia de tres dietas alimenticias para el crecimiento y engorde de tilapia, (*Oreochromis* sp.) en el sector de Yahuarcocha (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. p. 78-79.
- Centro Tecnológico de la Acuicultura, CTAQUA. (2017). Alimentación optimizada para tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. Recuperado el 18 de abril de 2018 en <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>.
- Chachapoya, D. (2014). Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos (tesis pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. p. 66-76.
- Chumbi, W. (2015). Diseño de una planta de producción psicola y mejoramiento productivo (tesis pregrado). Universidad de las Americas. Quito, Ecuador. p. 78-84.
- Conabio (2014). Ponderación de Invasividad de Especies Exóticas en México. México. p. 79-85.

- Contreras, J. (2012). Efecto sobre el rendimiento técnico de la tilapia nilotica chitralada resultante de la sustitución de harina de arveja (*Pisum sativum*) en la etapa de engorde. *Revista Citecsa*, 3(4): 6-8.
- Delgado, A. (2011). Evaluación de cuatro impermeabilizadores para reducir la pérdida de agua en piscinas de tierra y su influencia en el desarrollo de la tilapia (*Oreochromis* sp.) (tesis pregrado). Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. p. 44-51.
- Desiderio, R., Cedeño, E., Castro, B. y Pinargote, R. (2015). Elaboración de harina de lenteja. Universidad técnica de Manabí. Manabí, Ecuador. p. 100-105.
- Dendy, D. y Dobraszczyk, B. (2001). Cereals and cereal products: chemistry and technology. Springer. p. 429.
- Dezi. (2010). Alimentos balanceados, formulación de raciones, núcleos y premezclas. Buenos Aires: Nuviga. p. 1, 6, 13.
- Espinosa, M. (2015). Envasado, conservación y desarrollo de nuevos productos de dorada (*Sparus aurata*) (tesis doctoral). Murcia, España. p. 132-135.
- Feltes, M., Correia, J., Beirao, L., Block, J., Ninow, J. y Spiller, V. (2010). Alternativas para agregar valores de residuos de la industrialización del pescado. R. Bras. *Ingeniería agrícola ambiental*, 14(6): 669-677.
- Froese, R. y Pauly, D. (2016). FishBase. World Wide Web electronic publication. Consultado en octubre de 2016 en: <http://www.fishbase.org/summary/Oreochromis-niloticus.html>.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA. (2013). Harina de pescado. Recuperado el 05 de diciembre de 2017 en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal – FEDNA. (2016). Trigo blando nacional 12,9%. Recuperado el 18 de noviembre de 2018 en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/trigo-blando-nacional-129pb-rev-nov-2016.

- Furuya, W. (2010). Tablas Brasileiras para a nutrição de tilapias, Gráfica Editora, Toledo. p. 100-102.
- Galán, G. y Franco, M. (2010). Farinha de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos: desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência óssea (tesis de maestría). Universidade Estadual de Maringá. Estado de Paraná, Brasil. p. 89-92.
- Gutierrez, F. y Lasso, C. (2012). Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Instituto de recursos biológicos Alexander von Humbolt. Serie recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. 6(1): 344-356.
- Hoyos, J., Villada, H., Fernández, A. y Ortega, R. (2017). Parámetros de calidad y metodologías para determinar las propiedades físicas de alimentos extruidos para peces. *La Serena*, 28(5): 56-59.
- Huidobro, S. y Luchini, L. (2012). Análisis económico para producción de tilapia. Evaluación económica para producción de tilapia. Recuperado el 19 de abril de 2019 en https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/acuicultura/zonificacion/_archivos//120000_Informes/120718_An%C3%A1lisis%20Econ%C3%B3mico%20de%20TILAPIA.pdf.
- Helmuth, W. (2000). Manejo integrado de plagas en cultivos de la Amazonia ecuatoriana. Quito, Ecuador: Imprenta Mossaico. p. 23-24.
- Hisano, H., Sampaio, G., Sampaio, Z., De Souza, F., Casimiro, F., Barros, M., et al. (2003). Substituição da proteína do farelo de soya pela proteína do glúten de milho em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Scientiarum. Animal Sciences Maringá*, 25(2): 255-260.
- Jaramillo, J. (2015). Estudio del riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el modelo USLE mediante herramientas SIG aplicando en la subcuenca río Portoviejo, provincia de Manabí (tesis pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. p. 39-43.

- López, C. (2010). Universidad Distrital. Proyecto "Plantas Útiles de Ráquira", financiado por el Centro de Investigaciones de la Universidad Distrital. Semillero de Investigación CEIBA, Boyacá, Colombia. p. 99-105.
- Loor, N. (2016). Fundamento de los alimentos peletizados en la nutrición animal. *Revista científica ciencias naturales*, 2(4): 323-333.
- Lorenzo, J. (2011). Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de mojarra Tilapia (*Oreochromis* sp.). Universidad de Papaloapan, México. p. 67-68.
- Luna, R., Aguilar, B., Hernández, A., Hinojosa, J. y Godínez, D. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Universitaria*, 27(5): 19-25.
- Martínez, C., Chávez, M., Olvera, M. y Abdo de la Parra, M. (2010). Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances en nutrición acuícola*, 1(3): 279-361.
- Méndez, Y., Pérez, Y., Torres, Y. y Reyes, J. (2018). Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las antillas. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*, 20(2): 15-24.
- Molina, I., Cantet, J., Montoya, S., Correa, G., Barahona, R. (2 de noviembre de 2013). Producción de metano in vitro de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *CES Med Zootec*, 8(2): 15-31.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Centro agronómico de investigación y enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 48-49.
- Morejón, L. y Valenzuela, E. (2011). Efecto de la harina de sangre de bovino en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) (tesis pregrado). Ibarra, Ecuador. p. 88-89.
- Mundo tilapia. (2011). Alimento concentrado. Colombia. Recuperado el 28 de enero de 2018 en <http://mundotilapia.es.tl/Alimento-concentrado.htm>.
- Oliveira, M. (2016). Piscicultura. El turno de la tilapia. *Revista Pesquisa*, 249(1): 230-252.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, (1999). Directrices para la evaluación sensorial del pescado y los mariscos en laboratorio. *CAC/GL*, 31(12): 2-23.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO, (2006). State of world aquaculture 2006 FAO Fisheries Technical Paper. N°500. Roma, FAO. p. 134.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO, (2010). Manual básico de piscicultura en estanques. Dirección nacional de recursos acuáticos. Montevideo, Uruguay. p. 50.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO, (2010). Manual técnico de piscicultura. Amazonia ecuatoriana. Ecuador. p. 187-199.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO, (2016). Sistema de información sobre alimentos y recursos fertilizantes para la acuicultura. Recuperado el 13 de marzo de 2019 en <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/requerimientos-nutricionales/es/>.
- Osorio, A., Wills, A. y Muñoz, A. (2013). Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia. *Ciencia Tecnología de Alimentos*, 60(1): 182-195.
- Paz, P., Martínez, A. y Chávez, J. (2019). Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. *CEIBA*, 8(43): 1-6.
- Pérez, M. y Sáenz, M. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. Recuperado el 01 de enero de 2018 en <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3501/1/228251.pdf>.
- Petenuci, M., Stevanato, F., Rodrigues, D., Pereira, L., Evelázio, N. y Visentainer, J. (2010). Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. *Ciênc Agrotec Lavras*, 34(1): 1279-1284.

- Poleo, G. (2015). Manual de los Principios básicos del cultivo de tilapia, Programa piloto de formación piscícola dirigido a pequeños y medianos productores de las regiones de Imbabura y Esmeraldas. Ibarra, Ecuador: Diseño Gráfico y Diagramación. p. 7-38.
- Poot, G, Gasca, E. y Olvera, M. (2012). Producción de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(4): 835-846.
- Rincón, D., Velásquez, H., Dávila, M., Semprun, A., Morales, E. y Hernández, J. (2012). Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (*Spirulina maxima*), en dietas experimentales para alevines de tilapia (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3): 430-437.
- Ríos, R. (2012). *Cartilla práctica para el cultivo de la tilapia (Oreochromis niloticus)*. Chiriquí, Panamá: Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. p. 15-43.
- Rodríguez, R. (2017). Tilapia: Análisis de su introducción al Ecuador, efectos en la alimentación local y su importancia gastronómica (tesis pregrado). Quito, Ecuador. p. 51.
- Santaella, M., Martínez, G., Periago, M. y Santaella, J. (2012). Evaluación sensorial de diferentes presentaciones comerciales de dorada (*Sparus aurata* L.). *Acuicultura*, 28(1): 85-96
- Solórzano, R. (2015). Evaluación nutricional y sensorial de albondigas a base de carne de pescado utilizando la especie berrugata (*Micropogonias ectenes*). *Centro de estudios del mar y acuicultura*. 5(4): 500-520.
- Sorensen, M. (2012). A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods, *Aquac. Nutr*, 18(2): 233-248.
- Tidwell, J. (Ed.). (2012). *Acuaculture Production Systems*. New Delhi, India.: *Wiley-blackwell*. 2(1): 155-176.
- Valencia, J., Jiménez, M., Montejo, G., y Carrillo, L. (2014). Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de Tilapia. Recuperado el 06 de diciembre de 2017 en

http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anuales/anu_706-25-2014-05-7.pdf.

Villareal, S. (2008). “Elaboración de una dieta balanceada utilizando gallinaza como fuente alternativa de proteína en la alimentación de tilapia roja macho (*Oreochromis spp.*)” (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. p. 45-55.

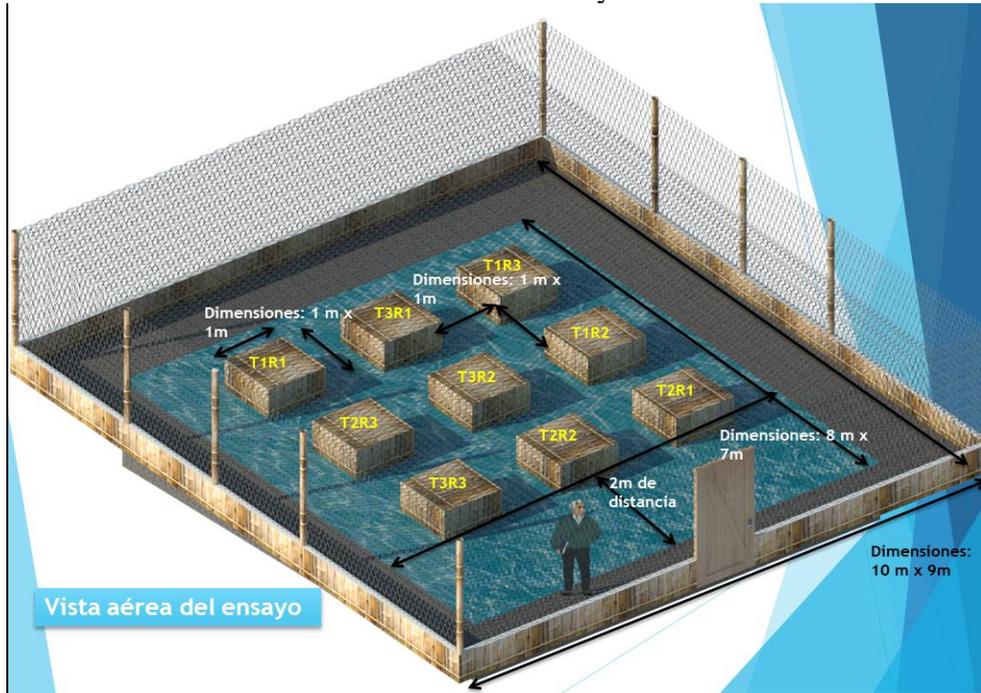
Zambrano, D. (2013). Evaluación de tres métodos de alimentación mediante la utilización de *Azolla anabaena* y alimento balanceado en el rendimiento del cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la fase de iniciación – levante como alternativa de producción en la granja integral demostrativa de la secretaria de agricultura de linares. (Tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Colombia. p. 35-40.

Zhang, Y, et al. (2012a). Optimizing plant protein combinations in fish meal-free diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by a mixture model. *Aquaculture*. p. 360-361.

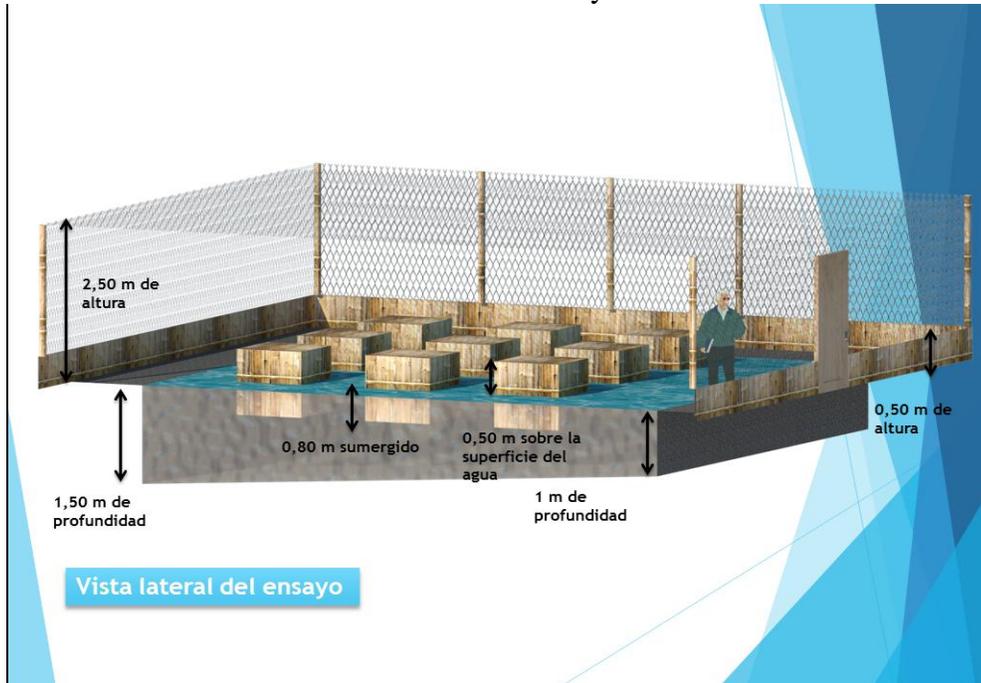
Zhang, Y, et al. (2012b). Optimal inclusion of lupin and pea protein concentrates in extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. p. 344-349.

ANEXOS

Anexo 1. Ilustración del ensayo vista aérea



Anexo 2. Ilustración del ensayo vista lateral



Anexo 3. Análisis bromatológico de la harina de guaba (semilla y pulpa)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

HUMEDAD Y CENIZAS

MUESTRA	% HUMEDAD	% CENIZAS
Guaba	2,911	4,185
Guaba	2,931	4,202

EXTRACTO ETereo

MUESTRA	% EXTRACTO
Guaba	0,408
Guaba	0,395
Guaba	0,407

DETERMINACION DE FIBRA

MUESTRA	% fibra
Guaba	1,69
Guaba	1,79

NITROGENO

MUESTRA	% N	% PROTEINA
Guaba	1,02	6,38
Guaba	0,98	6,14
Guaba	0,92	5,74

Informe original fue entregado a Dr.a Nogales, propietaria de las muestras y resultados

Atte.

Bioq. José Luis Moreno

Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barro El Olivo
Teléfono (06)2997800
Fax Ext 7711
Email utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 4. Análisis bromatológico de la harina de maíz y melaza



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	024 - 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Gustavo Aguinaga
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	17 de marzo de 2017
Fecha de entrega informe:	18 de abril de 2017
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
Muestra:	Pastos
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	2

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado		Metodo de ensayo
		Maiz	Melaza	
Humedad	%	11,90	21,12	AOAC 925.10
Extracto etéreo	%	6,50	----	AOAC 920.85
Proteína Total	%	8,70	2,40	AOAC 920.87
Fibra bruta	%	3,90	0,00	AOAC 978.10
Sólidos Solubles	%	----	83,95	Refractometría Abbe
Calcio	mg/100 g	----	210,00	Espectrofotometría de A.A.
Hierro	mg/100 g	----	6,40	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barro El Olivo
Teléfono (05)2997800
Fax Ext 7711
Email utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 5. Análisis bromatológico de torta de soya y harina de trigo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 - 129 - DC.
Resolución No. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	024 - 2017
Análisis solicitado por:	Sr. Gustavo Aguinaga
Empresa:	Particular
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	17 de marzo de 2017
Fecha de entrega informe:	27 de marzo de 2017
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
Muestra:	Pastos
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	3

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado			Metodo de ensayo
		Torta soya	Trigo	Maíz	
Humedad	%	6,73	3,80	3,17 ?	AOAC 925.10
Cenizas	%	7,20	4,33	1,25 1,25 ?	AOAC 923.03
Extracto etéreo	%	1,47	3,73	3,34 ?	AOAC 920.85
Proteína Total	%	41,96	16,59	5,74 ?	AOAC 920.87
Fibra bruta	%	5,80	2,52	<1 ?	AOAC 978.10

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barro El Olivo
Teléfono (06)2997800
Fax Ext 7711
Email utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 6. Elaboración de harina de *Inga* spp.



Anexo 7. Cálculo para elaboración de la dieta balanceada de tilapia negra en etapa de engorde.

Ingredientes / Tratamientos	T. Soya (g)	H. Maíz (g)	Melaza (g)	H. Trigo (g)	H. Guaba (g)	Aceite de soya (g)	Metionina (g)	Lisina (g)	Vit. / min. (g)	Dieta Total (g)
T1 (15%)	2600	750	200	350	750	250	25	25	50	5000
T2 (30%)	2740	150	200	60	1500	250	25	25	50	5000
T3 (0%)	2450	1100	250	850	-----	250	25	25	50	5000
Total	7790	2000	650	1260	2250	750	75	75	150	15000

Anexo 8. Elaboración de un balanceado artesanal con inclusión de harina de *Inga* spp.



Anexo 9. Ubicación del área de estudio



Anexo 10. Construcción y llenado del estanque



- a) Excavación del estanque
- b) Instalación de tuberías
- c) Cerramiento con caña guadua y malla plástica
- d) Llenado del estanque

Anexo 11. Encalado o desinfección del estanque antes del inicio del experimento



Anexo 12. Construcción y colocación de jaulas



- a) Construcción de jaulas
- b) Construcción de 9 jaulas flotantes con caña guadua, madera de guaba y malla plástica
- c) Colocación de jaulas en el estanque
- d) Sujeción de jaulas a un metro de distancia unas a otras, con piola y alambre galvanizado

Anexo 13. Preparación del fertilizante y riego del mismo en el agua del estanque



- a) Estiércol bovino
- b) Llenado con agua y fermentación por dos días
- c) Colado del líquido fertilizante
- d) Fertilización del estanque

Anexo 14. Compra, aclimatación y colocación de juveniles de tilapia negra en jaulas



- a) Compra de juveniles de tilapia negra macho con reversión sexual
- b) Aclimatación de 15 minutos en el sitio experimental
- c) Colocación de 15 tilapias por jaula

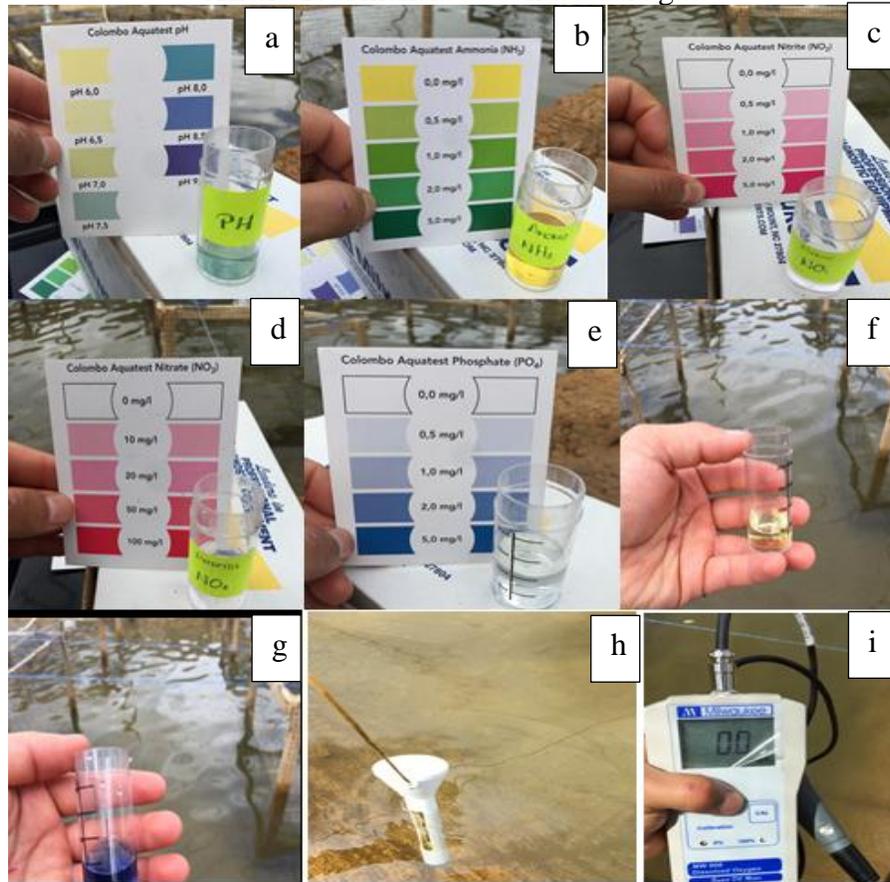
Anexo 15. Alimentación con balanceado comercial



Anexo 16. Primera toma de datos peso y longitud total



Anexo 17. Análisis de calidad del agua



- a) Análisis de pH
- b) Análisis de amonio
- c) Análisis de nitritos
- d) Análisis de nitratos
- e) Análisis de fosfatos
- f) Análisis de dureza
- g) Análisis de alcalinidad
- h) Medición de temperatura del agua en el estanque
- i) Medición del nivel de oxígeno disuelto en el agua del estanque

Nota: los análisis fueron realizados en campo mediante la utilización de reactivos y cartas colorimétricas (Aquatest professional COLOMBO).

Anexo 18. Registro semanal de los parámetros de calidad del agua del estanque

Parámetros Semanal	Temperatura °C		pH	O (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	PO ₄ (mg/l)	KH (mg/l)	GH (mg/l)
	Min.	Max.									
1	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	40	71.20
2	22	25	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	40	71.20
3	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	40	71.20
4	23	26	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	45	71.20
5	23	26	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	45	71.20
6	22	25	7.5	6	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50	45	71.20
7	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.10	0.00	0.50	45	71.20
8	23	26	7.5	6	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	50	71.20
9	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	50	71.20
10	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.20	0.10	0.40	50	71.20
11	22	25	7.5	6	0.10	0.10	0.20	0.20	0.40	55	71.20
12	21	24	7.5	6	0.10	0.10	0.30	0.20	0.40	55	71.20
Promedio	21.75	24.75	7.5	6	0.10	0.10	0.08	0.06	0.45	42.92	71.20

Anexo 19. Toma de datos de peso y longitud en 12 semanas



- a) Primera toma de muestra de longitud y peso
- b) Toma de datos de la tercera semana
- c) Toma de datos de la sexta semana
- d) Toma de datos de la octava semana
- e) Toma de datos de décima semana
- f) Toma de muestra al final del experimento en la doceava semana

Anexo 20. Morfometría al final del experimento



- a) Cosecha de tilapia
- b) Peso en fresco y eviscerado
- c) Medición desde la boca a la aleta caudal
- d) Eviscerado y escamado

Anexo 21. Proceso realizado para determinar el análisis de aceptabilidad



- a) Fileteado
- b) Retiro de la piel
- c) Cocción a vapor del filete de tilapia negra
- d) Degustación y prueba sensorial del filete de tilapia negra en fresco y cocido al vapor

Anexo 22. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde con balanceado elaborado con inclusión de harina de guaba (semilla y pulpa) del tratamiento 1.

Tratamientos	Semana	Edad	Peso	Longitud	Biomasa	Granulometría	Dosis	Alimento total	Ración	CA
		(días)	(g)	(cm)	(%)	(mm)	(g/pez/día)	(g)	g/día/3	(%)
T1R1	1	90	81.20	17.67	3	3x3	2.44	255.78	12.18	3.3
	2	97	89.93	17.73	3	3x3	2.70	283.28	13.49	
	3	104	98.67	17.97	3	3x3	2.96	310.81	14.80	
	4	111	107.40	18.30	3	3x3	3.22	338.31	16.11	
	5	118	117.36	19.00	3	3x3	3.52	369.68	17.60	
	6	125	126.21	19.21	3	3x3	3.79	397.56	18.93	
	7	132	135.07	19.46	3	3x3	4.05	425.47	20.26	
	8	139	144.50	19.89	3	3x3	4.34	455.18	21.68	
	9	146	153.86	20.11	3	3x3	4.62	484.66	23.08	
	10	153	163.21	20.50	3	3x3	4.90	514.11	24.48	
	11	160	172.57	20.79	3	3x3	5.18	543.60	25.89	
	12	167	182.79	21.21	3	3x3	5.48	575.79	27.42	
T1R2	1	90	91.60	17.20	3	3x3	2.75	288.54	13.74	4.1
	2	97	98.80	17.47	3	3x3	2.96	311.22	14.82	
	3	104	106.00	17.73	3	3x3	3.18	333.90	15.90	
	4	111	113.20	18.00	3	3x3	3.40	356.58	16.98	
	5	118	120.47	18.33	3	3x3	3.61	379.48	18.07	
	6	125	127.67	18.73	3	3x3	3.83	402.16	19.15	
	7	132	134.87	19.10	3	3x3	4.05	424.84	20.23	
	8	139	143.00	19.53	3	3x3	4.29	450.45	21.45	
	9	146	151.20	19.70	3	3x3	4.54	476.28	22.68	
	10	153	159.47	19.97	3	3x3	4.78	502.33	23.92	
	11	160	167.93	20.27	3	3x3	5.04	528.98	25.19	
	12	167	178.13	20.63	3	3x3	5.34	561.11	26.72	
T1R3	1	90	81.40	17.17	3	3x3	2.44	256.41	12.21	3.2
	2	97	90.40	17.47	3	3x3	2.71	284.76	13.56	
	3	104	99.40	17.83	3	3x3	2.98	313.11	14.91	
	4	111	108.53	17.93	3	3x3	3.26	341.87	16.28	
	5	118	117.60	18.50	3	3x3	3.53	370.44	17.64	
	6	125	127.00	18.97	3	3x3	3.81	400.05	19.05	
	7	132	138.36	19.46	3	3x3	4.15	435.83	20.75	
	8	139	147.71	19.89	3	3x3	4.43	465.29	22.16	
	9	146	157.07	20.07	3	3x3	4.71	494.77	23.56	
	10	153	166.43	20.43	3	3x3	4.99	524.25	24.96	
	11	160	175.79	20.71	3	3x3	5.27	553.74	26.37	
	12	167	185.79	20.93	3	3x3	5.57	585.24	27.87	

Anexo 23. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde con balanceado elaborado con inclusión de harina de guaba (semilla y pulpa) del tratamiento 2.

Tratamientos	Semana	Edad	Peso	Longitud	Biomasa	Granulometría	Dosis	Alimento total	Ración	CA
		(días)	(g)	(cm)	(%)	(mm)	(g/pez/día)	(g)	(g/día/3)	(%)
T2R1	1	90	90.27	17.53	3	3x3	2.71	284.35	13.54	3.7
	2	97	97.40	17.70	3	3x3	2.92	306.81	14.61	
	3	104	104.53	17.93	3	3x3	3.14	329.27	15.68	
	4	111	111.87	18.33	3	3x3	3.36	352.39	16.78	
	5	118	119.33	18.67	3	3x3	3.58	375.89	17.90	
	6	125	126.73	18.93	3	3x3	3.80	399.20	19.01	
	7	132	134.40	19.27	3	3x3	4.03	423.36	20.16	
	8	139	143.13	19.73	3	3x3	4.29	450.86	21.47	
	9	146	152.07	19.93	3	3x3	4.56	479.02	22.81	
	10	153	161.07	20.33	3	3x3	4.83	507.37	24.16	
	11	160	170.20	20.63	3	3x3	5.11	536.13	25.53	
	12	167	180.20	21.00	3	3x3	5.41	567.63	27.03	
T2R2	1	90	84.53	17.23	3	3x3	2.54	266.27	12.68	3.6
	2	97	91.67	17.55	3	3x3	2.75	288.76	13.75	
	3	104	98.93	17.60	3	3x3	2.97	311.63	14.84	
	4	111	106.20	17.87	3	3x3	3.19	334.53	15.93	
	5	118	113.40	18.17	3	3x3	3.40	357.21	17.01	
	6	125	120.73	18.50	3	3x3	3.62	380.30	18.11	
	7	132	128.13	18.73	3	3x3	3.84	403.61	19.22	
	8	139	136.00	19.00	3	3x3	4.08	428.40	20.40	
	9	146	143.87	19.25	3	3x3	4.32	453.19	21.58	
	10	153	153.57	19.54	3	3x3	4.61	483.75	23.04	
	11	160	161.57	19.89	3	3x3	4.85	508.95	24.24	
	12	167	173.62	20.27	3	3x3	5.21	546.90	26.04	
T2R3	1	90	75.47	17.13	3	3x3	2.26	237.73	11.32	3.2
	2	97	83.40	17.23	3	3x3	2.50	262.71	12.51	
	3	104	91.27	17.40	3	3x3	2.74	287.50	13.69	
	4	111	100.64	17.86	3	3x3	3.02	317.02	15.10	
	5	118	109.29	18.32	3	3x3	3.28	344.26	16.39	
	6	125	118.14	18.71	3	3x3	3.54	372.14	17.72	
	7	132	126.93	19.18	3	3x3	3.81	399.83	19.04	
	8	139	136.36	19.39	3	3x3	4.09	429.53	20.45	
	9	146	145.14	19.71	3	3x3	4.35	457.19	21.77	
	10	153	154.00	20.11	3	3x3	4.62	485.10	23.10	
	11	160	162.93	20.61	3	3x3	4.89	513.23	24.44	
	12	167	172.07	20.96	3	3x3	5.16	542.02	25.81	

Anexo 24. Cuadro resumen del manejo de tilapia negra en etapa de engorde con balanceado elaborado con inclusión de harina de guaba (semilla y pulpa) del tratamiento 3.

Tratamientos	Semana	Edad	Peso	Longitud	Biomasa	Granulometría	Dosis	Alimento total	Ración	CA
		(días)	(g)	(cm)	(%)	(mm)	(g/pez/día)	(g/día)	(g/día/3)	(%)
T3R1	1	90	82.00	17.20	3	3x3	2.46	258.30	12.30	3.4
	2	97	89.20	17.33	3	3x3	2.68	280.98	13.38	
	3	104	96.67	17.57	3	3x3	2.90	304.51	14.50	
	4	111	104.87	18.27	3	3x3	3.15	330.34	15.73	
	5	118	113.40	18.77	3	3x3	3.40	357.21	17.01	
	6	125	122.13	19.23	3	3x3	3.66	384.71	18.32	
	7	132	130.80	19.57	3	3x3	3.92	412.02	19.62	
	8	139	139.60	19.67	3	3x3	4.19	439.74	20.94	
	9	146	148.60	19.93	3	3x3	4.46	468.09	22.29	
	10	153	157.67	20.37	3	3x3	4.73	496.66	23.65	
	11	160	166.80	20.67	3	3x3	5.00	525.42	25.02	
	12	167	175.93	21.00	3	3x3	5.28	554.18	26.39	
T3R2	1	90	85.00	17.43	3	3x3	2.55	267.75	12.75	3.7
	2	97	91.60	17.50	3	3x3	2.75	288.54	13.74	
	3	104	98.27	17.67	3	3x3	2.95	309.55	14.74	
	4	111	105.80	18.00	3	3x3	3.17	333.27	15.87	
	5	118	113.87	18.37	3	3x3	3.42	358.69	17.08	
	6	125	122.13	18.87	3	3x3	3.66	384.71	18.32	
	7	132	130.40	19.20	3	3x3	3.91	410.76	19.56	
	8	139	138.33	19.40	3	3x3	4.15	435.74	20.75	
	9	146	146.27	19.63	3	3x3	4.39	460.75	21.94	
	10	153	154.27	20.00	3	3x3	4.63	485.95	23.14	
	11	160	162.33	20.43	3	3x3	4.87	511.34	24.35	
	12	167	171.00	20.80	3	3x3	5.13	538.65	25.65	
T3R3	1	90	83.33	16.87	3	3x3	2.50	262.49	12.50	4.1
	2	97	88.80	17.04	3	3x3	2.66	279.72	13.32	
	3	104	96.57	17.21	3	3x3	2.90	304.20	14.49	
	4	111	102.14	17.50	3	3x3	3.06	321.74	15.32	
	5	118	107.71	17.61	3	3x3	3.23	339.29	16.16	
	6	125	113.29	17.75	3	3x3	3.40	356.86	16.99	
	7	132	119.64	18.00	3	3x3	3.59	376.87	17.95	
	8	139	126.50	18.39	3	3x3	3.80	398.48	18.98	
	9	146	133.43	18.71	3	3x3	4.00	420.30	20.01	
	10	153	140.36	18.86	3	3x3	4.21	442.13	21.05	
	11	160	147.93	19.11	3	3x3	4.44	465.98	22.19	
	12	167	156.14	19.50	3	3x3	4.68	491.84	23.42	

Anexo 25. Costos de materias primas e insumos

Materias primas e insumos	Costo Unitario (USD/kg)
Harina de guaba	0.59
Torta de soya	0.99
Harina de trigo	0.22
Harina de maíz	0.55
Metionina	8.80
Lisina	5.50
Vitaminas y minerales	3.20
Melaza	1.12
Aceite de soya	1.00

Anexo 26. Costo por kg de balanceado elaborado con diferentes niveles de inclusión de guaba

Tratamiento	Soya	Maíz	Melaza	Trigo	Guaba	Aceite	Metionina	Lisina	Vit/min.	Costo Total (USD)	Costo Total (USD/kg)
T1 (USD)	7.72	1.24	0.67	0.23	1.32	0.75	0.66	0.41	0.48	13.48	0.29
T2 (USD)	8.14	0.25	0.67	0.04	2.65	0.75	0.66	0.41	0.48	14.05	0.31
T3 (USD)	7.27	1.82	0.84	0.56	0.00	0.75	0.66	0.41	0.48	12.79	0.28

Anexo 27. Costo por mano de obra

Rubro	Unidad	Tiempo	Costo (USD)	Total
Instalación peces	USD	2 horas	1.88	3.76
Cosecha de guaba	USD	4 horas	1.88	7.52
Elaboración de harina y balanceado	USD	7 horas	1.88	13.16
Alimentación y cuidado	USD	21 horas	1.88	39.48
Total	USD	35 horas	1.88	63.92

Anexo 28. Costo mano de obra por tratamiento

Rubro	T1	T2	T3
Mano de obra total (USD)	63.92	63.92	63.92
Total (USD)	21.31	21.31	21.31

Anexo 29. Costo de animales

Tratamiento	Animales	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
T1	45	0.08	3.60
T2	45	0.08	3.60
T3	45	0.08	3.60

Total	135	0.08	10.80
-------	-----	------	-------

Anexo 30. Costo total del alimento consumido

Rubro	Unidad	T1	T2	T3	Total
Alimento consumido	kg	19.72	18.56	18.59	56.87
Costo balanceado	USD	0.29	0.31	0.28	0.29
Total	UDS/kg	5.72	5.75	5.21	16.68

Anexo 31. Costo total de engorde de tilapia

Rubro	Unidad	T1	T2	T3	Total
Mano de obra	USD	21.31	21.31	21.31	63.92
Tilapia (animales)	USD	3.60	3.60	3.60	10.80
Alimento por kg consumido	USD	5.72	5.75	5.21	16.68
Total	USD	30.63	30.66	30.12	71.41

Anexo 32. Costo por kilogramo de tilapia cosechada

Rubro	Unidad	T1	T2	T3	Total
Costo total	USD	30.63	30.66	30.12	71.41
Peso cosechado total	kg	7.83	7.37	7.39	22.59
Total costo/kg/tilapia	USD/kg	3.91	4.16	4.08	4.05

Anexo 33. Utilidad por kilogramo de tilapia

Rubro	Unidad	T1	T2	T3	Total
Venta	USD/kg	3.96	3.96	3.96	3.96
Costo de tilapia cosechada	USD/kg	3.91	4.16	4.08	4.05
Total: utilidad	USD/kg	0.05	-0.20	-0.12	-0.09