

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE MORERA (*Morus alba*) COMO SUPLEMENTO EN LA DIETA DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*), CENTRO EXPERIMENTAL AMAZÓNICO-DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**DIANA ESMERALDA CORDOVILLA CABRERA
YULI VANESSA LÓPEZ RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2016**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE MORERA (*Morus alba*) COMO SUPLEMENTO EN LA DIETA DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*), CENTRO EXPERIMENTAL AMAZÓNICO-DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**DIANA ESMERALDA CORDOVILLA CABRERA
YULI VANESSA LÓPEZ RAMÍREZ**

Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Producción Acuícola

Director
ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN
Biólogo Marino, Esp.

Asesor estadístico
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA
Zootecnista. Esp. MSc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2016**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autoras”

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Ariel Emiro Gómez Cerón
Biólogo Marino, Esp.
Director

Gloria Sandra Espinosa Narváez
Ing. en Producción Acuícola, MSc.
Jurado Delegado

Wilmer René Sanguino Ortiz
Ing. en Producción Acuícola, MSc.
Jurado

San Juan de Pasto, 28 de Marzo de 2016

Dedicatoria:

Una palabra pequeña pero llena de grandes sentimientos, de cariño y amor. Hay ocasiones en que decirla llena el corazón de alegría pero esta es una gran oportunidad para decir gracias mil y mil gracias,

Al Padre Celestial por darme la vida y con ella la suficiente inteligencia y sabiduría para culminar con éxito mis estudios universitarios; gracias Dios por ser mis pies y mi camino, por darme una y mil cosas lindas, ilusiones, sueños, personas y metas como motivos para no rendirme nunca.

A mi madre Doris Cabrera, a quien admiro y quien por su valentía se convirtió en mi heroína, en mi ejemplo de coraje, pureza y entrega, porque a pesar de las circunstancias enfrentó la vida como toda una guerrera, demostrando que no hay nada que uno no pueda hacer por un hijo. A mi padre que aunque ya no está conmigo, en los pocos años que compartimos, me entrego su corazón y me hizo feliz, compensando el amor que ya no puede darme, el hace parte de mi corazón.

A mi hija Karla Sofía, porque con ella conocí el amor verdadero y con quien empecé una nueva vida llena de colores, fantasía y ternura que trasciende el infinito...

A Stiben, mi esposo y mi gran amor, por enseñarme a ponerle una sonrisa a la vida, indicándome que el mejor amor es el que te inspira a más, le agradezco infinitamente por sus locuras, su comprensión, paciencia y por su extraordinario amor. Por enseñarme que a una pareja solo le basta amarse para luchar y recorrer unidos el camino de la vida.

A mi Tía Nubia, por ser como una madre, por su consejo, su calor, y porque con su gran alegría irradia felicidad en el día más lluvioso.

A mi hermano, por su fiel compañía desde niños, quien me arropo en las noches de largos estudios cuando me quedaba dormida, por su amor y paciencia, por ser ejemplo de superación, por ser un amante de la vida y la naturaleza.

Desearía tanto nombrar a todos y cada uno de mis familiares por su apoyo y colaboración pero en nombre de ellos elegiré a mí querida Abuelita Inés quien con su ternura, cariño, ejemplo y apoyo, me enseñó a luchar y cada día me animo a seguir adelante, aunque ahora ya se fue, sé que se desde el cielo, se sentirá orgullosa de mis triunfos como siempre lo hizo.

DIANA ESMERALDA CORDOVILLA CABRERA

Al todopoderoso por haber permitido que culmine este peldaño más en el transcurso de mi vida, por darme cada día las fuerzas para seguir adelante a pesar de tantos obstáculos, por demostrarme que estuviste y estarás siempre conmigo.

A mis padres, Patricia Ramírez y Edgar López, a quien amo con todas las fuerzas de mí ser, gracias por motivarme y sin duda alguna creer siempre en mí, gracias porque aunque los tuve lejos de alguna u otra forma los sentí tan cerca brindándome ese amor incondicional y sin medida, por enseñarme que no hay amor más puro y sincero que el amor que un padre da a su hijo; gracias por que más que mis padres son mis amigos, en quien puedo confiar.

A Carlos Hernández, a quien quiero como un padre, gracias infinitas por ese apoyo incondicional y desinteresado para conmigo, por quererme como tu hija y brindarme ese cuidado y amor que desde niña necesite, porque nunca nos abandonaste a pesar de todo.

A mi hermano por su cariño inmenso, porque muchas veces saco de mí una sonrisa en momentos tristes y difíciles, por cuidarme y hacerme sentir que no estaba sola en los días que así me sentía.

A mi sobrina, mi ángel bello, que me llena de sonrisas cada vez que la veo, quien es uno de mis motorcitos para seguir soñando por lo que quiero y poderlo lograr, gracias porque alegras la vida de toda nuestra familia con ese amor desmedido que brindas, con esas locuras, esas pataletas, por tu espontaneidad.... En fin.....

A mi abuelita, que aunque está en el cielo sé que de allá me sigue cuidando y guiando, gracias mi viejita por cuidarme desde pequeña, por brindarme tu amor de madre, gracias por enseñarme el significado de la humildad, porque tú sí que lo conocías a fondo; te amare y recordare por siempre.

A Alexander, a quien amo con todo mi corazón, gracias por tu paciencia, por estar ahí cuando más te necesite, por animarme en todos los momentos en los que decaía, por enseñarme que la perseverancia alcanza, gracias por tu amor y cariño sin medida

YULI VANESSA LÓPEZ RAMIREZ

“El éxito no se mide tanto por la posición que uno ha alcanzado en vida sino por los obstáculos que ha tenido que superar”

Booker T. Washington.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

ARIEL MIRO GÓMEZ CERÓN. Biólogo Marino. Esp. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ. Ingeniero en Producción Acuícola. Director del Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ. Ingeniera en Producción Acuícola. Técnica Química Laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño.

WILLIAM VELAZCO RENGIFO. Director General CORPOAMAZONIA.

MAURICIO VALENCIA SEPÚLVEDA. Sub-Director de Manejo Ambiental CORPOAMAZONIA.

JAIME LIBARDO GONZALES. Auxiliar de la Estación de Recursos Hidrobiológicos del CEA, CORPOAMAZONIA.

MARCO ANTONIO IMUÉS FIGUEROA. Zootecnista. Esp. MSc. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

LUIS ALFONSO SOLARTE. Zootecnista. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ. Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

OSCAR MEJÍA SANTACRUZ. Economista. Auxiliar del Centro de Documentación Especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.

A la Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA, por la cofinanciación de este proyecto, permitiendo utilizar las instalaciones, materiales e insumos necesarios para ésta investigación.

A los docentes que conforman el programa de Ingeniería en Producción Acuícola y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	17
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. MARCO REFERENCIAL	20
3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE (<i>P. brachypomus</i>)	20
3.1.2 Distribución geográfica y hábitat	21
3.1.3 Hábitos alimenticios en medio natural	21
3.1.4 Calidad de agua	21
3.2 ETAPA DE ALEVINAJE	22
3.2.1 Alimentación durante la etapa de alevinaje	22
3.2.2 Frecuencia de alimentación	23
3.2.3 Densidad y siembra de alevinos	23
3.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA CACHAMA BLANCA	23
3.3.1 Proteína	23
3.3.2 Lípidos	24
3.3.3 Carbohidratos	24
3.3.4 Fibra	24
3.3.5 Vitaminas	25
3.3.6 Minerales	25
3.4 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE CACHAMA	26
3.4.1 Materias primas de origen animal	26
3.4.1.1 Harina de pescado	26
3.4.2 Materias primas de origen vegetal	26
3.4.2.1 Torta de soya	26
3.4.2.2 Maíz	26
3.5 LA MORERA COMO ALIMENTO ALTERNATIVO EN DIETAS PARA CACHAMA BLANCA	26
3.5.1 Generalidades de la Morera	26
3.5.2 Usos de la morera	27

3.5.3 Perfil Nutricional de la Morera	27
3.5.4 Antecedentes en alimentación animal	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1 LOCALIZACIÓN	31
4.2 PERIODO DE ESTUDIO	31
4.3 MATERIAL BIOLÓGICO	31
4.4 INSTALACIONES	32
4.5 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	33
4.5.1 Materiales	33
4.5.2 Equipos	34
4.5.3 Insumos	35
4.6 PLAN DE MANEJO	36
4.6.2 Lavado y desinfección.	36
4.7.3 Registros de alimentación.	39
4.7.4 Preparación de dietas.	40
4.7.4.1 Elaboración de harina de morera	40
4.7.4.2 Mezcla de materias primas	41
4.7.4.3 Peletizado y secado de las dietas	41
4.7.4.4 Almacenamiento de las dietas	42
4.8 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS	43
4.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
4.9.1 Tratamientos	44
4.9.2 Formulación de hipótesis	45
4.9.3 Variables evaluadas	45
5. RESULTADOS	48
5.1 PESO INICIAL DE SIEMBRA	48
5.2 INCREMENTO PERIÓDICO DE PESO (IP)	48
5.3 LONGITUD INICIAL DE SIEMBRA	51
5.4 GANANCIA DE LONGITUD (GL)	52
5.5 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA (TCE)	54
5.6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)	55
5.7 SUPERVIVENCIA	56

5.8	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA	56
5.8.1	Temperatura (T°)	56
5.8.2	Potencial de hidrógeno (pH)	57
5.8.3	Oxígeno disuelto (OD)	58
5.9	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS	58
5.10	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	58
5.10.1	Costo de la harina de Morera	58
5.10.2	Determinación de la Relación Beneficio- Costo	59
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
6.1	INCREMENTO PERIÓDICO DE PESO	61
6.2	GANANCIA DE LONGITUD	62
6.3	TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA	63
6.4	CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)	64
6.5	SUPERVIVENCIA	65
6.6	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA	66
6.6.1	Temperatura	66
6.6.2	Oxígeno disuelto	66
6.6.3	Potencial de Hidrogeno (pH)	66
6.7	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS	66
6.8	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	67
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
7.1	CONCLUSIONES	69
7.2	RECOMENDACIONES	69
8.	BIBLIOGRAFIA	71
9.	ANEXOS	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales en fase de alevinaje de cachama blanca	25
Tabla 2. Composición nutricional de las hojas de morera en comparación con la harina de pescado y la harina de soya	29
Tabla 3. Composición aminoacídica de la harina de morera versus la harina de pescado y la harina de soya	29
Tabla 4. Materiales usados en la investigación	34
Tabla 5. Equipos usados en la investigación	35
Tabla 6. Insumos usados en la investigación	36
Tabla 7. Peso (g) promedio inicial para cada tratamiento	49
Tabla 8. Incremento de peso al final de la investigación	50
Tabla 9. Incremento de peso (g) promedio semanal por tratamiento	51
Tabla 10. Longitud promedio (cm) inicial para cada tratamiento	52
Tabla 11. Resumen estadístico para ganancia de longitud	53
Tabla 12. Longitud (cm), promedio semanal por tratamiento	54
Tabla 13. Conversión alimenticia aparente promedio por tratamiento	56
Tabla 14. Valores promedio parámetros físico-químicos	55
Tabla 15. Costos parciales por tratamiento	60
Tabla 16. Costos totales de la investigación	60
Tabla 17. Resumen del cálculo de la relación beneficio - costo	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del Centro Experimental Amazónico	31
Figura 2. Alevino de Cachama blanca (<i>Piaractus brachypomus</i>)	36
Figura 3. Unidades experimentales instaladas	32
Figura 4. Desinfección de unidades experimentales	40
Figura 5. Siembra de los animales	40
Figura 6. Medición de parámetros Físico químicos	41
Figura 7. Pesaje de alevinos de Cachama Blanca	39
Figura 8. Medición de Longitud de alevinos de Cachama Blanca	40
Figura 9. Hojas frescas de morera	41
Figura 10. Deshidratación de hojas de morera	41
Figura 11. Homogenización de materias primas	42
Figura 12. Peletización de la dieta	43
Figura 13. Deshidratación de las dietas	43
Figura 14. Almacenamiento de dietas	38
Figura 15. Incremento de peso (g) promedio final	50
Figura 16. Incremento de peso (g) promedio semanal	51
Figura 17. Peso promedio (g) final en los tratamientos	52
Figura 18. Ganancia de longitud (cm) promedio final	53
Figura 19. Longitud promedio (cm) semanal por tratamiento	54
Figura 20. Longitud promedio (cm) final por tratamiento	54
Figura 21. Tasa de crecimiento específica para peso (%)	54
Figura 22. Conversión Alimenticia Aparente durante el ensayo	55
Figura 23. Supervivencia (%) final en los tratamientos	56
Figura 24. Curva de temperatura promedio diaria por tratamiento (°C)	57
Figura 25. Curva de pH promedio diaria por tratamiento	57
Figura 26. Curva de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diaria por tratamiento	58

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Muestreo de peso y longitud de cada tratamiento	80
Anexo B. Registro de temperatura (°C) promedio diaria	94
Anexo C. Registro de pH promedio diario	95
Anexo D. Registro de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diario	96
Anexo E. Registro de alimentación diaria (g) por tratamiento	97
Anexo F. Porcentaje de Supervivencia al final del experimento	97
Anexo G. Aálisis de varianza para peso inicial de siembra modelos lineales generalizados	98
Anexo H. Análisis de varianza para tasa de crecimiento específica en peso modelos lineales generalizados	100
Anexo I. Prueba de tukey para tasa de crecimiento específica	101
Anexo J. Aálisis de varianza para peso longitud inicial de siembra modelos lineales generalizados	102
ANEXO K. Análisis de varianza para ganancia de longitud modelos lineales generalizados	103
Anexo L. Prueba tukey para ganancia de longitud	104
Anexo M. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente	105
Anexo N. Prueba de tukey para conversión alimenticia aparente	106
Anexo O. Análisis bromatológico de la harina de morera	107
Anexo P. Análisis bromatológico del tratamiento 2	107
Anexo Q. Análisis bromatológico del tratamiento 3	108

GLOSARIO

ALEVINO: etapa de vida del pez que se inicia una vez se hayan agotado las reservas vitelinas de la larva.

COSMOPOLITA: que se encuentra naturalmente en todos los países o, al menos, en un gran número de ellos, en distintas zonas y hemisferios. Refiere a especies animales y vegetales que pueden vivir en todos los climas.

EUGENOL: es un líquido oleoso de color amarillo pálido, extraído de ciertos aceites esenciales, especialmente del clavo de olor, la nuez moscada y la canela. Usado en acuicultura experimental como anestésico.

MORERA: especie de árbol perteneciente al género *Morus*, familia de las moráceas, oriundos de las zonas templadas de Asia, de tamaño pequeño a medianos. De rápido crecimiento cuando son jóvenes, pero más lentos a medida que alcanzan la madurez, no suelen sobrepasar los 15 m.

NATIVO: propio del espacio donde se encuentra distribuido de modo natural, sin intervención humana, también denominada autóctono.

OMNÍVORO: organismos que se alimentan tanto de animales como de plantas. Son comedores oportunistas y generalistas, que no están específicamente adaptados para comer y digerir ni material vegetal ni carne exclusivamente.

RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto de la harina de morera, sobre las variables incremento de peso y longitud, tasa de crecimiento específica, conversión alimenticia, supervivencia y relación beneficio costo en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), al incluirla como sustituto parcial del alimento concentrado. Se utilizaron 180 ejemplares de cachama blanca, con un peso promedio de 3 g y una longitud de 5.32 cm; los cuales fueron sembrados en canaletas rectangulares de concreto con un volumen de 1320 L. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) conformado por tres tratamientos: **T1**: 100% Concentrado comercial al 38% de proteína; **T2**: 15% harina de morera, 85% concentrado comercial al 38% de proteína; **T3**: 30% Harina de morera, 70% concentrado comercial al 38% de proteína. En cada tratamiento se sembraron sesenta ejemplares, que fueron alimentados tres veces al día a razón del 5% de la biomasa. El análisis de varianza indicó que existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables incremento de peso y longitud, tasa de crecimiento específica y conversión alimenticia. Los tratamientos 1 y 2 presentaron los mejores resultados, obteniendo para la variable incremento de peso valores de 13.53 g; ganancia de longitud de 7.59 cm y 7.58 cm, respectivamente; para las variables tasa de crecimiento específica y conversión alimenticia se obtuvieron en ambos tratamientos valores de 4.06% y 1.07, respectivamente. La supervivencia en todos los tratamientos fue del 100%. La relación beneficio costo determinó que el tratamiento 3 con un valor de 3.76 y el tratamiento 2 con 3.25, son los mejores en cuanto a rentabilidad. Los resultados señalan que la inclusión del 15% de harina de morera en el alimento concentrado es una alternativa tecnológica para la producción de alevinos de cachama blanca debido a que se obtienen buenos índices productivos y de rentabilidad.

Palabras claves: alevinos, *Piaractus brachypomus*, *Morus alba*, alimentación, crecimiento.

ABSTRACT

The investigation assessed the effect of morera flour on the variables of the increment of weight and length, specific conversion of growth rate, alimentary conversion, survival and the cost benefit of white cachama's fingerlings (*Piaractus brachypomus*), as partial substitute for the concentrated food. For the investigation were used 180 specimens of white cachama with weigh of 3 grams and 5,32 cm. This specimens were planted on rectangular gutters made of concret with the volume of 1320 liters. The methodology is completely random (CRD), the first treatment uses 100% commercial food supplement, the second one T2 uses 15% of morera flour and 85% commercial food supplement, and T3: used 30% of morera flour and 70% commercial food supplement, in each treatment were planted sixty specimens and they were feed three times per day at rate of 5% of the biomass. The variance's analysis indicated significant differences between weight and length rates, specific growth rate and alimentary conversion ($p < 0,05$). T1 and T2 obtained the best results with increment of weight in ranges of 13,53 grams, length of 7,59 cm and 7,58 cm respectively. For the variables of specific rate growth and alimentary conversion both obtained values of 4,06% and 1,07 respectively. The survival rate in all treatments were of 100%. The cost benefit relation determinate that T3 with values of 3,76 and T2 with values of 3,25 were the best on the profitable point of view. The result showed that by adding 15% of morera flour in a conventional fish feed is an technological alternative for the production of white cachama's fingerlings because increases the productivity rates and profitability.

Key words: fingerlings, *Piaractus brachypomus*, *Morus alba*, feeding, growth.

1. INTRODUCCIÓN

Según la AUNAP:

La pesca y la acuicultura en Colombia representan dos importantes sectores de la producción de alimentos para consumo nacional y la exportación y dos multiplicadores de la economía local que contribuyen a la superación de la pobreza en las zonas rurales. La tendencia de crecimiento de la actividad en el periodo 1985 - 2012 fue muy positiva (20,44% anual promedio al pasar de 572 toneladas en 1985 a 89.509 toneladas en 2012) y, aun cuando el crecimiento es menor con respecto a otros países de Latinoamérica, supera ampliamente la tasa media de crecimiento del sector agropecuario y del conjunto total de la economía nacional¹.

En Colombia, la acuicultura se ha fortalecido con fines comerciales, investigativos o de repoblamiento, y de acuerdo con la CCI (Corporación Colombia Internacional), “la acuicultura Colombiana se constituye en una importante fuente de alimento y en una actividad generadora de ingresos y empleo, mostrando un crecimiento superior al 10% promedio anual, llegándose a considerar a la cachama como la tercera especie piscícola en el ámbito nacional y la principal en el programa de seguridad alimentaria rural”².

La Corporación Red País Rural afirma que:

Actualmente en el departamento del Putumayo la cachama blanca es la especie acuícola de mayor cultivo, con una producción de 530,30 toneladas para el año 2012. Sin embargo y de acuerdo a esta misma Corporación, a pesar de que este departamento cuenta con una amplia red hidrográfica y una oferta climática que permiten el cultivo y producción de organismos hidrobiológicos de interés acuícola; el crecimiento de la piscicultura durante los últimos 20 años ha sido incipiente por diversos factores como la precaria infraestructura vial, la ausencia de innovación tecnológica, carencia de un mercado estable, alta competitividad por precios de venta, gremios de productores poco organizados con escasa visión empresarial y falta de implementación de procesos investigativos que conlleven al desarrollo de paquetes tecnológicos para optimizar procesos de cultivo y reducir costos de producción³.

La Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño⁴ menciona que en la acuicultura el ítem más representativo en los costos variables es el alimento, el cual constituye un 49,5% para cachama, lo que refleja el alto valor de venta del

¹ AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA. Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS. Febrero. 2014. p. 6, 12.

² CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. CCI. Resultados encuesta nacional piscícola 2010B. [en línea] Bogotá, Colombia. Reportes de oferta agropecuaria. Sistema de información de la oferta agropecuaria [consultado 1 junio 2015]. Disponible en: <http://www.cci.org.co/oferta/ENCUESTA_PISCÍCOLA_2010B.pdf>

³ CORPOAMAZONÍA. Diagnóstico de piscicultura del municipio de Mocoa, departamento del Putumayo. Centro de documentación – CORPOAMAZONÍA. 2004. p. 26.

⁴ COLOMBIA. SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Acuerdo de competitividad de la Cadena Piscícola en el Departamento de Nariño. Pasto: Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente, 2010. p. 24.

producto y que incide en la competencia de precio con otros departamentos y con otros países productores.

Murillo⁵ *et al*, orientados en el estudio de alternativas alimenticias, señalan que la investigación en esta especie se ha formulado principalmente al conocimiento de su biología, anatomía, hematología básica, sanidad, hábitos alimenticios, requerimientos nutricionales, efectos productivos en policultivo, crío preservación de gametos y manipulación de su ciclo reproductivo bajo condiciones de cautiverio, pero existen pocos estudios referentes a nuevas alternativas alimenticias que garanticen el incremento de las variables productivas. Por otra parte López⁶, menciona que el alto costo de las materias primas proteicas utilizadas en las dietas para peces, crean la necesidad de evaluar estrategias que permitan la inclusión de nuevas fuentes alimenticias que posean una composición nutricional adecuada para el desarrollo productivo y que disminuyan los gastos operacionales.

Por lo anteriormente expuesto y por la importancia económica y social que tiene la actividad piscícola en el departamento del Putumayo, en la presente investigación se propuso evaluar el efecto de la sustitución de la harina de morera (*Morus alba*) en el balanceado comercial, sobre las variables productivas en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con el fin de mejorar la tasa de rentabilidad del cultivo debido a los altos costos de producción que representa el alimento balanceado, y así mismo poder brindar a los piscicultores una alternativa de alimento económico a base de una materia prima vegetal de fácil cultivo.

⁵ MURILLO, P., *et al*. Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. [en línea] Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [consultado 1 junio de 2015]. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Murillo.pdf>

⁶ LÓPEZ-MACIAS, Jorge. Nutrición acuícola. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. p. 32.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la sustitución en diferentes niveles de la harina de morera (*Morus alba*) en el balanceado comercial, sobre las variables productivas en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el incremento periódico de peso, de longitud y tasa de crecimiento específico.
- Calcular la conversión alimenticia aparente.
- Medir el porcentaje de supervivencia.
- Establecer la relación beneficio – costo en los tratamientos evaluados.
- Determinar si existen o no diferencias significativas entre los tratamientos.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE (*P. brachypomus*)

Mesa y Botero mencionan que:

La cachama blanca es considerada la especie de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva, semi-intensiva e intensiva de aguas cálidas continentales de América tropical, por su resistencia al manejo y su fácil adaptación al consumo de alimentos naturales y concentrados en condiciones de cautiverio; a lo que se le adiciona su rusticidad, alta docilidad, resistencia a enfermedades y fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por periodos no prolongados, rápido crecimiento con excelentes conversiones alimenticias y gran demanda en el mercado⁷.

La Corporación Autónoma del Putumayo, señala que “la cachama blanca alcanza su madurez sexual a los tres años”⁸. Erazo y Valles, citados por Arias *et al*, mencionan que “en estado natural las hembras de cachama pueden desovar 100.000 huevos por kilogramo de hembra. Los huevos se incuban entre 12 y 24 horas según la temperatura, cuando nacen las larvas tienen un tamaño de 2.5mm, estas se deben alimentar con zooplancton, larvas de insectos y alimento preparado”⁹.

De acuerdo con Landines y Mojica, “su cuerpo es comprimido y presenta una coloración parda grisácea en el dorso y en los lados, abdomen con tonalidad clara blanquecina y con visos anaranjados o rojizos en la parte anterior y en las aletas”¹⁰.

3.1.1 Clasificación taxonómica. Cuvier citado por Mesa y Botero, indica que “la clasificación taxonómica de *Piaractus brachypomus* es:

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Characiformes
Familia:	Characidae
Subfamilia:	Serrasalminae

⁷ MESA, Martha y BOTERO, Mónica. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. [en línea]. Vol. 20, No. 1 (2009); p. 2. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en:

<[⁸ CAP. Corporación Agropecuaria del Putumayo. La cachama: *Colossoma macropomun*. Cultivo en Estanques. Colombia. p. 153.](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/26.></p></div><div data-bbox=)

⁹ ERAZO, S. y VALLES, C. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de Cachama *Piaractus brachypomus*. Citado por ARIAS, Juan., *et al*. Generalidades de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la cachama negra (*Colossoma macropomum*). Nutrición General de Peces. Universidad Nacional de Colombia. 2013. p. 17.

¹⁰ LANDINES, Miguel y MOJICA, Hermes. Manejo y reproducción de carácidos. En: Reproducción de peces en el trópico. 2005. p. 246.

Género: Piaractus
Especie: brachypomus
Nombre común: Cachama blanca
Nombre Científico: *Piaractus brachypomus*¹¹

Fuente: Mesa Martha (2009) según CUVIER (1817).

3.1.2 Distribución geográfica y hábitat. OLDEPESCA, afirma que “la cachama es un pez nativo de la región amazónica, siendo abundante en las cuencas de los ríos Amazonas, Paraná-Paraguay y Orinoco, ampliamente conocido en países como Colombia, Brasil, Perú y Venezuela, el cual representa un excelente, abundante y apetecido producto de la pesca fluvial”¹².

3.1.3 Hábitos alimenticios en medio natural. Vásquez¹³, Landines y Mojica¹⁴ citados por Contreras y Canchila, afirman que “la cachama blanca es un pez omnívoro que en ambiente natural tiene una tendencia a alimentarse de frutos, semillas y hojas que son muy abundantes durante las épocas de inundación”. Lochmann *et al*¹⁵., mencionan que “dicha particularidad alimenticia ha permitido probar la inclusión de diversos ingredientes alternativos en la producción de dietas, con el objetivo de minimizar los costos de producción y reducir los impactos ambientales”.

3.1.4 Calidad de agua. Para Saavedra, “la calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más importantes se destacan temperatura, oxígeno, pH, y transparencia”¹⁶. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos como se muestra a continuación:

Temperatura. Según Merino *et al*, “el rango de temperatura en el cual se desarrollan mejor está entre 23 y 30°C, obteniéndose el mejor crecimiento entre 25 y 28°C”¹⁷.

Oxígeno disuelto. Merino *et al*, mencionan que “el contenido de oxígeno disuelto debe ser superior a 4.5 mg/L”¹⁸.

¹¹ MESA, Martha y BOTERO, Mónica. Óp. cit., pp.

¹² MÉXICO. ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO PESQUERO (OLDEPESCA). Estudio sobre los efectos del cambio climático en las especies acuícolas más importantes de la región. San Francisco de Campeche :Memorias de la XXI Conferencia de Ministros. Agosto, 2010. p. 46.

¹³ VÁSQUEZ, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Citado por CONTRERAS, Jorge y CANCHILA, Emiro. Evaluación del rendimiento técnico en Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) al sustituir Morera (*Morus alba*) y Falso Girasol (*Tithonia diversifolia*) en el alimento balanceado de ceba. En : Revista CITECSA. [en línea]. Vol. 2, No. 3 (2012); p. 2. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en: <<http://mvz.unipaz.edu.co/citecsa/web>>

¹⁴ LANDINES, Miguel y MOJICA, Hermes. Óp. cit., p. 20.

¹⁵ LOCHMANN, R., *et al*. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and nonspecific immune response of black pacú, *Colossoma macropomum*, and red pacú, *Piaractus brachypomus*. Citado por CONTRERAS, Jorge y CANCHILA, Emiro. Óp. cit., p. 2.

¹⁶ SAAVEDRA, María. Manejo del cultivo de Tilapia. Managua : Coastal Resources Center, 2006. p.13-14.

¹⁷ MERINO, María., *et al*. Guía práctica Acuicultura en Colombia. Bogotá, DC. INCODER 2006. pp.

¹⁸ *Ibid.*, pp.

Para Merino *et al*, otros parámetros de importancia son:

- **pH:** Para que sea adecuado, debe encontrarse entre 6.0 – 7.5.
- **Dureza:** Debe estar entre 35 – 200 mg/L¹⁹.

3.2 ETAPA DE ALEVINAJE

Argumedo y Rojas afirman que:

Una vez sembrados los alevinos, inicia la etapa de levante o pre-cría, en la que se puede llevar los peces desde 4 g hasta 80 g. Esta etapa es conveniente desarrollarla en estanques pequeños para que el productor pueda controlar adecuadamente las condiciones físicas, químicas y biológicas del agua. En las primeras etapas de vida de los peces, además de ser vulnerables a depredadores y enfermedades, también son más exigentes en alimentación y calidad de agua²⁰.

Erazo y Valles, mencionan que “los cultivos deben ser monitoreados periódicamente para evaluar su desarrollo y observar el estado de salud y apariencia de las cachamas y a la vez hacer los ajustes de alimentación diaria correspondiente”²¹.

3.2.1 Alimentación durante la etapa de alevinaje. Gonzales menciona que:

Durante este periodo de crecimiento, los peces requieren alimentos ricos en proteínas, vitaminas y minerales, necesarios para la formación de órganos y tejidos. La principal fuente de alimento en la etapa de levante la constituye el fitoplancton y zooplancton, condición que se encuentra directamente asociada al correcto y periódico abonamiento del estanque y al control de los demás factores físicos y químicos del agua. Para completar la alimentación de los peces en la etapa de levante se suministra diariamente concentrados comerciales con contenidos proteicos entre el 30 y 45%, a razón del 7 al 8% de la biomasa, durante el primer mes, disminuyendo progresivamente hasta que los animales pasan a la etapa de ceba²².

¹⁹ Ibid., pp.

²⁰ ARGÚMEDO, E. y ROJAS, H. Manual de piscicultura con especies nativas. Documento en línea de la Asociación de Acuicultores del Caquetá, Florencia (Colombia): Grafimpresos, 2000. p. 90.

²¹ ERAZO, Silvia y VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales). Ibarra-Ecuador; Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 2007. p. 26 [citado el 17 junio, 2012] Disponible en: <<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/116>>

²² GONZALES, R. Fundamentos de acuicultura continental. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Colombia: Granimpresos, 2002. p. 329.

3.2.2 Frecuencia de alimentación. Nikolsky, afirma que:

La periodicidad del consumo de alimento no es la misma para peces de una misma especie. La cantidad de alimento consumido diariamente depende de la calidad y disponibilidad del mismo. La tasa de consumo está muy relacionada con el régimen, la condición, estado y necesidad del pez; muchos dejan de alimentarse en periodos reproductivos. Un pez con excelentes condiciones nutricionales usualmente se alimenta con menor intensidad, avidez y frecuencia que un pez que no las posea, pero es recomendable suministrar una ración en cantidad de un 4% del peso vivo²³.

Según Santamaría²⁴, la frecuencia y número de raciones alimenticias recomendadas para esta especie, son tres veces por día durante el primer mes, dos veces por día durante el segundo y en adelante se suministra en una o dos dosis por día.

3.2.3 Densidad y siembra de alevinos. Díaz asegura que “se pueden sembrar entre 30 y 50 alevinos por m², con recambio continuo de agua, y que en condiciones de manejo propicias en un mes se puede obtener individuos con un peso promedio de 30 g”²⁵.

3.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA CACHAMA BLANCA

Según Argumedo y Rojas, “los requerimientos nutricionales para la cachama blanca, no se han determinado con exactitud, sin embargo, se tiene conocimiento de los nutrientes y su importancia en algunos peces tropicales”²⁶.

Por otra parte Higuera afirma que, “el valor nutritivo de un alimento depende de su contenido en nutrientes, capacidad del animal para ingerirlos y absorberlos; variando los resultados según la especie, condiciones ambientales y procesos tecnológicos a los que ha sido sometido el alimento”²⁷.

3.3.1 Proteína. Martínez afirma que, “el nivel de proteína en la dieta está influenciado por factores biológicos como el tamaño del pez, función fisiológica, densidad de siembra, disponibilidad del alimento natural, tipo de alimento y factores nutricionales como el valor biológico de la proteína, composición de los aminoácidos, el nivel de energía de la dieta y cantidad de alimento suministrado”²⁸.

²³ NIKOLSKY, G. The ecology of fishes. (Trad. del Ruso por L. Birkett.). Academic Press, Londres. 1968. p. 132.

²⁴ SANTAMARÍA, Sandra. Nutrición y alimentación en peces nativos. Monografía. Documento en línea de la Universidad Nacional abierta y a distancia “UNAD”. Ecapma. Zootecnia. 2014. p. 117.

²⁵ DÍAZ, Francisco y LÓPEZ, Ricardo. El cultivo de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y de la cachama negra *Colossoma macropomum*. Documento en línea; Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA)- Ministerio de Agricultura, 1993, p. 90.

²⁶ ARGÚMEDO, G. y ROJAS, H. Óp. cit., p. 92.

²⁷ HIGUERA, M. Nutrición en Acuicultura II. Diseños y métodos especiales de evaluación de dietas. J. A. Monteros y M. libro en línea de Labarta, editores. Madrid, España. 1996. p. 291.

²⁸ MARTÍNEZ, Eduardo. Diseño de alimento para peces. Segundo Seminario Nacional. Presente y Futuro de la Acuicultura en Colombia. 1990. p. 98.

3.3.2 Lípidos. De acuerdo con López:

Los lípidos, en especial los fosfolípidos y esteroides desempeñan un papel fundamental en la estructura de las membranas biológicas tanto a nivel celular como sub celular. Están relacionadas con el sabor y consistencia no solo de los alimentos consumidos por los peces, sino que influye positivamente en las características del filete de los mismos. Además constituyen la estructura de muchas sustancias como las hormonas, intervienen en el metabolismo de otras y forman las cadenas de ácidos grasos poliinsaturados los cuales a su vez son precursores de prostaglandinas²⁹.

Adicionalmente, New, citado por López sostiene que “los lípidos son importantes como fuente concentrada de energía (9.2 Kcal de energía bruta por g de grasa) y como nutrientes esenciales para el crecimiento y supervivencia de los peces de aguas frías, medias y cálidas. Igualmente, proveen el vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles y suministran otros compuestos como esteroides”³⁰.

De otra parte Fadul menciona que “tanto los salmónidos, como especies como la cachama requieren ácidos grasos de la serie linoléico y linolénico; los ácidos grasos de la serie Omega 3, presentan un mayor grado de insaturación, lo cual es necesario para que la membrana fosfolipídica de las células mantenga su elasticidad y permeabilidad características en condiciones de bajas temperaturas de agua y en lo cual radica la principal diferencia entre los requerimientos de ácidos grasos entre peces y mamíferos”³¹.

3.3.3 Carbohidratos. Zamora afirma que “los carbohidratos son la fuente de energía dietética más barata y ayudan a mejorar la calidad del pellet de las dietas comerciales. Sin embargo, la eficiencia metabólica de estos compuestos puede diferir de acuerdo con la complejidad de los mismos”³².

Por otra parte Fadul menciona que “los peces herbívoros y omnívoros, como la cachama utilizan mejor los carbohidratos, comparados con los peces carnívoros. Sin embargo, el músculo de los peces casi no tiene carbohidratos, por esta razón los utiliza exclusivamente como fuente de energía”³³.

3.3.4 Fibra. Como indica López, “la fibra no es un requerimiento nutricional pero si un requerimiento fisiológico. La fibra está representada por la celulosa, la hemicelulosa, pectina, y lignina, por consiguiente una fracción alta de ésta en las dietas de peces, ejerce una influencia negativa en la digestibilidad de los nutrientes y en la velocidad de absorción. Los niveles máximos permitidos en alimentos para peces son del 6%”³⁴.

²⁹ LÓPEZ, Jorge. Óp. cit., p. 21.

³⁰ Ibid., p. 22.

³¹ FADUL, Mónica. Nutrición y alimentación de peces. En : Fundamentos de acuicultura continental. Documento en línea, Vol. 3. N°. 14 (ene.-jun. 1993); p. 149.

³² ZAMORA, S. y ECHAVARRIA, G. Los Carbohidratos en la Nutrición de Peces. Documento en línea: Nutrición Acuicola, 1993. p. 75.

³³ FADUL, Mónica. Óp. cit., p. 150.

³⁴ LÓPEZ. Óp. cit., p. 21.

3.3.5 Vitaminas. Para Martínez, “las vitaminas en los peces de cultivo, por lo general, no se pueden sintetizar en la cantidad requerida, lo que hace necesario incluirlas en las dietas. Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y obtenidas a partir de fuentes exógenas, tales como la dieta o la síntesis microbiana intestinal, necesarias para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales”³⁵.

Por su parte Lovell sostiene que, “las vitaminas más importantes son: A, C, D, E, K, Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6), Ácido Pantoténico, Biotina (H), Colina, Cianocobalamina (B12), Niacina, Ácido Fólico e Inositol”³⁶.

3.3.6 Minerales. Según Lovell, “los peces probablemente necesitan los mismos minerales que los animales de sangre caliente para la formación de los tejidos y para varios procesos metabólicos. Los minerales del agua pueden disminuir significativamente los requerimientos de minerales en los peces, principalmente en especies de agua dulce”³⁷.

Fadul afirma que “se ha determinado que el calcio y el fósforo son minerales indispensables para los peces, la relación calcio-fósforo en las dietas debe ser de 1:1, lo cual en la práctica se formula en proporción de 3 a 5 g de calcio y de 3 a 5 g de fósforo por kilogramo de dieta. El sodio y el potasio también se han considerado importantes especialmente para peces de agua dulce, se recomienda de 1 a 3 g/Kg de la dieta”³⁸. En la tabla 1 se presentan las cantidades de algunos requerimientos nutricionales esenciales para la etapa de alevinaje de esta especie:

Tabla 1. Requerimientos nutricionales en fase de Alevinaje de cachama blanca

Parámetro	Cantidad	Unidad
Proteína	35-40	%
Lípidos	<18	%
Energía	3100-4500	Kcal/Kg de alimento
Fósforo	0.5-0.8	%
Calcio	1-1.5	%
P/E	15-35	g proteína/MJ energía

Fuente Soler³⁹, Fundamentos de Nutrición Acuícola INPA

³⁵ MARTÍNEZ. Óp. cit., p. 100.

³⁶ LOVELL, R. Requerimiento Vitamínico de los Peces. Revista Científica [en línea]: Nutrición en Acuicultura. Vol. 2, N°. 9 (jun.-dic. 1987); p. 122.

³⁷ Ibid. p. 123.

³⁸ FADUL. Óp. cit., p. 151.

³⁹ SOLER-JARAMILLO, M. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogotá, Colombia. 1996. p. 48.

3.4 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE CACHAMA

3.4.1 Materias primas de origen animal. Sáez menciona que, “Casi todos los subproductos o residuos de matadero, de aves de corral pueden ser considerados como ingredientes para dietas de peces, con excepción de la harina de sangre y la harina de plumas hidrolizada que no contienen un perfil de aminoácidos adecuado”⁴⁰.

3.4.1.1 Harina de pescado. De acuerdo con López la harina de pescado, “se obtiene a partir de la captura industrial de los peces migratorios o de peces enteros descartados para el consumo humano y de residuos del procesamiento del pescado tales como, esqueleto, cabezas, escamas, vísceras y desperdicios resultantes de la fabricación de aceites de pescado”⁴¹.

3.4.2 Materias primas de origen vegetal. Vásquez, sostiene que “Los productos y subproductos de origen vegetal han sustituido a las de origen animal, debido a motivos económicos, mayor disponibilidad de estas para el suministro industrial de plantas de fabricación de alimentos concentrados para peces y otros animales monogástricos criados comercialmente”⁴².

3.4.2.1 Torta de soya. De acuerdo con Gutiérrez y Vásquez, “La torta de soya es una de las fuentes proteicas más utilizadas en la fabricación de alimentos concentrados para peces, llegando a sustituir parcialmente la harina de pescado en la formulación de raciones para varias especies acuícolas”⁴³.

3.4.2.2 Maíz. Para Vásquez⁴⁴, “El maíz es el alimento energético más utilizado en la alimentación de aves, cerdos y peces. Su valor energético depende del grado del molido y gelatinización del almidón, en general, cuanto menor el tamaño de las partículas después del molido, mayor la digestibilidad, sin embargo el nivel de proteína del maíz es bajo y no sobrepasa el 9%”.

3.5 LA MORERA COMO ALIMENTO ALTERNATIVO EN DIETAS PARA CACHAMA BLANCA

3.5.1 Generalidades de la Morera (*Morus alba*). Velásquez *et al.*, mencionan que “la morera es una planta “cosmopolita” que por su gran capacidad de

⁴⁰ SAEZ, P. utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupino albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). [en línea] Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en ciencias de la acuicultura. Chile. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Escuela de acuicultura. 2003. [citado 3 de junio., 2015] Disponible en: <<http://biblioteca.uct.cl/tesis/tesis-patricio-saez.pdf>>

⁴¹ LÓPEZ-MACIAS, J. Óp. cit. p. 88.

⁴² VÁSQUEZ-TORRES, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de los peces. Recursos de nutrientes. Usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio, Colombia: documento en línea de la Universidad de los Llanos, 2004. p. 70.

⁴³ GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M. y VÁSQUEZ-TORRES, W. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Documento en línea del Instituto de Acuicultura. Meta. Universidad de los Llanos. 2013. pp.

⁴⁴ VÁSQUEZ-TORRES, W. Óp. cit., p. 76.

adaptación a diferentes climas y altitudes, en varios países se utiliza como sombra, planta ornamental y para controlar la erosión”⁴⁵.

3.5.2 Usos de la morera. Gonzales y Mejía, indican que “la morera ha sido utilizada principalmente para la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori*) en producción, en la alimentación de animales domésticos como por ejemplo en ganado caprino y bovino, especialmente en Costa Rica y Colombia, con excelentes resultados”⁴⁶.

Sumado a esto, Sánchez, menciona que “la morera es conocida en algunas partes del mundo por su fruta, propiedades medicinales, utilizada como ornamental para jardines y para la alimentación de rumiantes y aunque no ha sido ampliamente estudiada sobre cultivos acuícolas, hay algunos reportes de investigación sobre especies como tilapia y cachama”⁴⁷.

3.5.3 Perfil Nutricional de la Morera. De acuerdo al valor nutritivo de la Morera, Sánchez describe que “la proteína cruda de las hojas de morera varía entre 15 y 28% dependiendo de la variedad, parte de la planta (hojas o tallos), edad de la hoja y las condiciones de crecimiento. En general, los valores de proteína cruda pueden ser considerados similares a la mayoría de follajes de leguminosas”⁴⁸.

Shayo encontró que “una característica sorprendente en la morera, es su alto contenido de minerales con valores de cenizas de hasta 17%”⁴⁹.

Cifuentes y Sohn, encontraron que “el contenido de nutrientes que posee las hojas de morera es de alta calidad, y muy similar al de los concentrados hechos a base de granos, por eso es un buen suplemento en dietas con base en forrajes”⁵⁰.

García y Soca indican que “los polifenoles totales, flavonoides, cumarinas y esteroides, son los metabolitos presentes con mayor potencial toxicológico en la biomasa comestible de *Morus alba*”⁵¹.

⁴⁵ VELÁSQUEZ, M., *et al.* El forraje de morera (*Morus alba* sp.) como suplemento en dietas de ensilado de sorgo. Citado por ALDANA, Julio. Evaluación de la harina de morera (*Morus alba*) en la dieta para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, 2006. p. 8. Proyecto de Grado (Ingeniero).Universidad EARTH.

⁴⁶ GONZÁLEZ, S. y MEJÍA, I. Utilización de la morera (*Morus indica*) como reemplazo parcial del concentrado en la crianza de terneras. Citado por ALDANA, Julio. Óp. cit., p. 9.

⁴⁷ SÁNCHEZ, M. Morera: forraje excepcional disponible mundialmente. Citado por ALDANA, Julio. Óp. cit., p.9.

⁴⁸ SANCHEZ, M. Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente. Citado por GONZÁLES, D. y GONZÁLES, C. Jugo de caña y follajes arbóreos en la alimentación no convencional del cerdo. En : Revista computarizada de Producción Porcina. Vol. 11, No. 3 (2004); p. 33.

⁴⁹ SHAYO, C. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of Central Tanzania. En : Tropical Grassland. [en línea]. Vol. 31, 1997. p. 599-604. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en:

<http://tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_31_1997/Vol_31_06_97_pp599_604.pdf>

⁵⁰ CIFUENTES, C. y SOHN, K. Manual Técnico de Sericultura. Citado por CALVACHE, Iván. Evaluación del contenido de ácidos grasos en la canal de conejos alimentados con morera (*Morus alba*). Bogotá, 2005. p. 20. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia.

⁵¹ GARCÍA, D., *et al.* La morera una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. Citado por CONTRERAS, Jorge y CANCHILA, Emiro. Óp. cit., p. 8.

En las tablas 2 y 3, se muestra la composición nutricional y aminoacídica de las hojas de morera, en comparación con los contenidos presentados por las harinas de pescado y soya.

Tabla 2. Composición nutricional de las hojas de morera en comparación con la harina de pescado y la harina de soya

Componente	H. Morera	H. Pescado	H. Soya
Materia Seca (%)	94.21	90.90	88.00
Humedad (%)	5.79	9.10	12.00
Proteína (%)	19.01	71.70	38.00
Grasa (%)	1.49	9.50	18.50
Fibra (%)	10.54	NR	11.00
Cenizas (%)	12.59	12.40	5.00

Fuente: Laboratorio Tecniaálisis S.A.S., 2015; Instituto Nacional de Nutrición de Caracas Venezuela., 2007; Instituto de Acuicultura de los Llanos., 2011; NR= no reportado

Tabla 3. Composición aminoacídica de la harina de morera, la harina de pescado y la harina de soya, expresada en porcentaje con respecto a la proteína

Aminoácidos	H. Morera	H. Pescado	H. soya
Histidina (%)	1.20	2.30	0.91
Arginina (%)	3.20	4.60	2.72
Isoleucina (%)	1.04	2.80	1.86
Leucina (%)	2.60	5.00	2.87
Lisina (%)	2.10	5.20	2.32
Metionina (%)	1.30	2.20	0.50
Treonina (%)	2.70	2.30	1.43
Valina (%)	4.10	3.20	1.62
Fenilalanina (%)	3.50	3.10	NR
Triptófano (%)	NR	NR	0.52

Fuente: Leyva *et al.* 2012; Hernández *et al.* 2008; Instituto Nacional de Nutrición de Caracas Venezuela., 2007; NR= no reportado

3.5.4 Antecedentes en alimentación animal. Rosas y Maldonado⁵², realizaron una investigación con el fin de determinar los cambios morfométricos hepáticos en cuanto a densidad, peso, largo, ancho y grueso del hígado, tamaño y cantidad de los hepatocitos, al sustituir el concentrado comercial por morera y ensilaje de pescado en

⁵² ROSAS, Ariel y MALDONADO, Marlen. Cambios morfométricos hepáticos en cachamas blancas (*Piaractus brachypomus*) alimentadas con morera (*Morus alba*) y ensilaje de pescado. *En* : Revista CITECSA. [en línea]. Vol. 4, No. 6 (2013); p. 1-9. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en: <http://www.academia.edu/9611034/Cambios_morfom%C3%A9tricos_hep%C3%A1ticos_en_cachamas_blancas_Piaractus_brachypomus_alimentadas_con_morera_Morus_alba_y_ensilaje_de_pescado>

la dieta de cachamas blancas en fase de ceba en el centro de investigación Santa Lucia del Instituto Universitario de la Paz UNIPAZ, de la ciudad de Bucaramanga. Se utilizaron 1000 cachamas blancas (*Piaractus brachypomus*) divididas en dos estanques de 500 animales, los cuales se sometieron a dos tratamientos (T1=grupo experimental con sustitución del 40% del concentrado comercial con morera (*Morus alba*) 20% y ensilaje de pescado 20%; T2=grupo testigo con alimentación concentrado comercial 100%). Los resultados determinaron que las cachamas que consumieron la dieta experimental sustituida con morera y ensilaje de pescado por 30 días y comparados con el grupo Testigo, no mostraron diferencias ($P>0,05$) en las variables densidad, peso, largo, ancho y grueso del hígado, tamaño y cantidad de los hepatocitos. Se concluye que es posible sugerir esta dieta porque la alimentación alternativa en estos porcentajes no ocasiona cambios morfométricos en el hígado de las cachamas blancas (*Piaractus brachypomus*).

Contreras⁵³, evaluó el efecto sobre el rendimiento técnico en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), en fase de ceba, al sustituir residuos agroindustriales (vísceras de pollo y pescado en forma de ensilaje) y un material vegetal como la morera (*Morus alba*) en el alimento balanceado de ceba, en el centro de investigación Santa Lucia de UNIPAZ, el experimento se llevó a cabo por un periodo de 31 días. Los animales se sembraron en estanques en tierra en lotes de 625 y 515 individuos. Los tratamientos constaron de ensilaje de vísceras de pollo al 30%, ensilaje de vísceras de cachama blanca al 40% y mezcla de ensilaje de vísceras de cachama blanca al 20% con morera al 20%, los cuales se evaluaron de manera paralela al alimento balanceado. Los resultados evidenciaron que aunque el comportamiento técnico entre los tratamientos alternativos fue heterogéneo, la mayor eficiencia técnica se presentó al nivel de sustitución del 20% ensilaje de vísceras de cachama - 20% morera, debido seguramente al comportamiento alimenticio frugívoro/herbívoro de la cachama que le permitió un mayor aprovechamiento del material vegetal alternativo. Los materiales alternativos, ensilajes de origen animal (pollo y pescado) y morera, no tuvieron efecto sobre las variables técnicas de la cachama blanca en su etapa de ceba, reflejado ello en la ganancia de peso y conversión.

Aldana⁵⁴, realizó un estudio en el cual evaluó el potencial de la harina de morera como sustituto del alimento concentrado en la dieta de alevinos de tilapia (*Oreochromis spp*). El objetivo del estudio fue evaluar la tasa de supervivencia, tasa de crecimiento (ganancia de peso y longitud), tasa de conversión alimenticia y otros factores productivos como temperatura, pH y oxígeno disuelto, en la producción de tilapia bajo una dieta de harina de morera. El estudio se llevó a cabo en el proyecto acuícola de la Universidad EARTH, Costa Rica. El estudio

⁵³ CONTRERAS, Jorge. Efecto sobre las variables técnicas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) al sustituir ensilaje de víscera de pescado y morera en el alimento balanceado de ceba. *En* : Revista científica. [en línea]. Vol.2, No.2 2011. p. 74-82. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en: <<http://mvz.unipaz.edu.co/citecsa/web>>

⁵⁴ ALDANA, Julio. Evaluación de la harina de morera (*Morus alba*) en la dieta para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, 2006. p. 8. Proyecto de Grado (Ingeniero).Universidad EARTH.

consistió en tres tratamientos con tres repeticiones en peceras de 10 galones, con 30 alevinos por pecera. Los resultados indicaron que no existe diferencias significativas en las variables ganancia de peso y longitud de alevinos de tilapia entre el tratamiento 50% morera - 50% concentrado y el tratamiento 100% concentrado. Basado en los costos de producción en un sistema de estanques de 150 m³, comparando una dieta de 100% concentrado versus 50% concentrado-50% morera, se encontró que existe una reducción del 8% cuando se utiliza la combinación de concentrado y morera. Por consiguiente, la sustitución del 50% del concentrado por morera reduciría los costos de producción sin afectar la productividad del cultivo de tilapia.

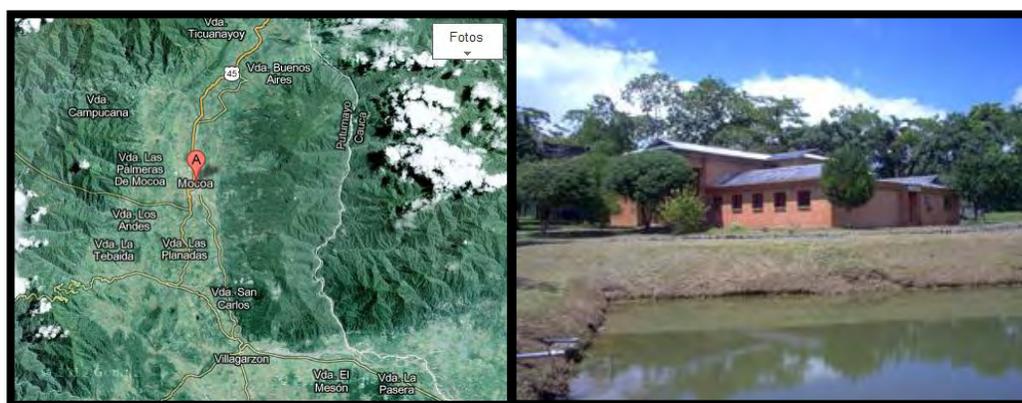
De acuerdo con estos autores, se puede indicar que la condición alimenticia frugívora/herbívora de la cachama blanca podría facilitar la evaluación del aprovechamiento de materiales vegetales alternativos en la alimentación de sus diversas etapas de cultivo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la Estación de Recursos Hidrobiológicos del Centro Experimental Amazónico (CEA) de Corpoamazonía, localizado en el Departamento del Putumayo, Municipio de Mocoa, Vereda San Carlos, a 8 km de la ciudad de Mocoa, vía a Villagarzón a 01°05'16" N y 76° 37'53" W, 453 msnm (Figura 1). La precipitación anual en el área de estudio es de 4.932,8 mm, con una temperatura media de 24°C, y una humedad relativa de 87,91%⁵⁵.

Figura 1. Localización del Centro Experimental Amazónico



Fuente: Google Maps, 2016.

4.2 PERIODO DE ESTUDIO

El estudio se realizó entre los meses de mayo a septiembre de 2015, en los cuales se ejecutaron actividades tales como: adecuación de instalaciones, adquisición del material biológico y la evaluación durante 42 días del efecto de la sustitución en diferentes niveles de harina de morera en la alimentación de alevinos de cachama blanca (*P. brachypomus*).

4.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Se trabajó con 180 alevinos de un peso promedio inicial de $3.00 \pm 0.14g$, una longitud de $5.32 \pm 0.12cm$ (Figura 2) y una edad de 40 días, procedentes de la Estación de Recursos Hidrobiológicos del Centro Experimental Amazónico,

⁵⁵ PALACIOS, Pedro y CEBALLOS, Leonel. Seguimiento del desarrollo post-larvario del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) en un estanque excavado en la Estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico de Corpoamazonía, Mocoa, Departamento del Putumayo, Colombia. Documento en línea del Centro Experimental Amazónico, 2011. p. 4.

perteneciente a la Corporación para el desarrollo sostenible del Sur de la Amazonía “Corpoamazonía”.

Figura 2. Alevino de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



4.4 INSTALACIONES

La investigación se realizó en la sala de manejo de la Estación de Recursos Hidrobiológicos, donde se adecuaron tres canaletas rectangulares construidas en concreto y recubiertas por pintura epóxica, cada una de las cuales presenta un área de 3,3 m², fondo con una pendiente del 5%, un sistema de desagüe con tubería de 3 pulgadas y una altura de 0,4 m para manejar el nivel de la columna de agua.

El agua usada en la investigación provino de un nacimiento propio de la estación piscícola, esta para ser llevada hacia las unidades experimentales inicialmente se almacena en un reservorio que tiene un área aproximada de 1600 m², de donde es conducida por medio de una electrobomba con tubería de 2 pulgadas hacia un tanque de almacenamiento, en donde llega de forma ascendente a un lecho filtrante compuesto de malla y piedra, una vez lleno el filtro, el agua pasa por un vertedero al tanque de almacenamiento y posteriormente entra por gravedad a la sala de manejo mediante tubería de dos pulgadas, dispuesta como línea base, de la cual se presentan reducciones a 1 pulgada para abastecer de agua a las canaletas.

4.5 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

4.5.1 Materiales

Tabla 4. Materiales usados en la investigación

Nombre	Características	Uso
Frascos	Material plástico, tapa rosca hermética, volumen 500 mL	Almacenamiento de raciones para alimentación en cada unidad experimental
Poncheras	Material plástico, forma redonda, textura lisa	Mezcla de materias primas para la elaboración de las dietas
Tamiz	4" de diámetro en PVC y malla nylon 500 micras	Tamizaje de la hoja de morera previamente molida para obtención de harina
Baldes	Material plástico, un solo pico, volumen 12 L	Colocación de peces para proceso de muestreo
Manguera	Material plástico, color transparente, ½ pulgada de diámetro	Sifoneo de fondo en cada unidad experimental
Manguera de aireación	Material plástico, color transparente, 5 mm de diámetro	Línea de aireación para cada unidad experimental
Beakers	Material plástico, volumen 50 ml	Preparación de la solución para método de impregnación
Regla graduada común	Material plástico, plana, graduada solo por una cara en cm y mm, mide 30 cm	Medición de la longitud
Bolsas	Material plástico, fondo plano, volumen 2 L	Almacenamiento de las dietas, transporte de alevinos a las unidades experimentales
Piedras difusoras	Forma esférica, 3 cm de diámetro, entrada de tubo 4 mm	Línea de aireación para cada unidad experimental
Nasas	1/8" de ojo de malla, sin nudo, con mango y marco de aluminio	Captura de peces para proceso de muestreo
Malla mosquitera	Material plástico	División de canaletas

Papel aluminio	Grosor inferior a 0,2 mm	Empaque de raciones
Plástico invernadero	Color negro, 0.2 micras de espesor	Colocación de la hoja de morera para proceso de deshidratación y colocación de las dietas peletizadas para proceso de secado a temperatura ambiente

4.5.2 Equipos

Tabla 5. Equipos usados en la investigación

Nombre	Características	Uso
Molino tradicional	Material hierro fundido, marca corona	Molienda de la hoja de morera deshidratada y concentrado comercial
Molino de carne manual	Material hierro fundido, marca corona	Peletización de las dietas
Termostatos	Perilla para el control de temperatura, color transparente, largo 24 cm, potencia 300 watts	Mantener la temperatura del agua en rangos óptimos
Balanza gramera digital	Marca Diamond, precisión 0.1 g, Capacidad Máxima 500g	Pesaje de los alevinos
Sonda multiparámetros YSI 550 A	Completamente a prueba de agua, membrana PE para más precisión en las mediciones, muestra lecturas simultáneas de oxígeno y temperatura (°C o ° F)	Medición de temperatura y oxígeno en las unidades experimentales
pHmetro	pHmetro digital tipo lapicero, lectura de pH y T°, marca EXTECH instrumens	Medición de pH en las unidades experimentales
Blower	Doble salida, marca Elite 802	Sistema de aireación

Computador	Marca Toshiba, memoria ram de 4 gb y disco duro de 500 gb	Elaboración del anteproyecto e informe final del proyecto
Cámara fotográfica	Marca Lumixpanasonic, 16 megapixeles, pantalla LCD 5X ZOOM ÓPTICO	Registro fotográfico del desarrollo de la investigación

4.5.3 Insumos

Tabla 6. Insumos usados en la investigación

Nombre	Características	Uso
Concentrado comercial al 38% de proteína	Pellets de 2 mm de diámetro	Materia prima para elaboración de la dietas
Harina de Morera	Textura fina	Materia prima de origen vegetal, utilizada como sustituto en el alimento concentrado
Sal marina	Cristales	Insumo usado para realizar tratamientos profilácticos después cada muestreo
Almidón	Polvo fino	Método de impregnación
Eugenol	Consistencia liquida y aceitosa	Anestésico para peces, facilita la manipulación del ejemplar

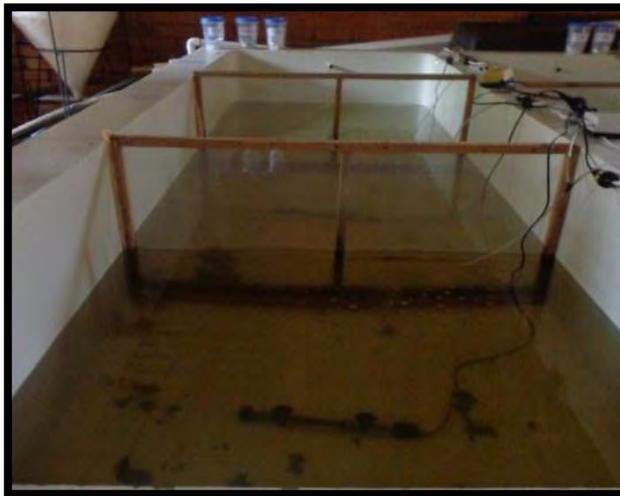
4.6 PLAN DE MANEJO

4.6.1 Adecuación de unidades productivas. Se utilizaron tres canaletas rectangulares, cada una de estas fue dividida en tres partes iguales utilizando malla mosquitera plástica, de esta manera cada tratamiento se evaluó con tres réplicas.

El nivel de la columna de agua en las canaletas fue de 40 cm, de modo que cada unidad experimental contó con un volumen de 1320 L.

El agua utilizada se llenó un día antes de realizar la siembra de los animales, con el objetivo de estabilizar los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto y pH), esto se logró con el uso de líneas de aireación (conectadas a un blower) con las mismas condiciones de manera permanente e independiente, que mantuvieron niveles adecuados de oxígeno y de termostatos de potencia 300 watts, que al ser graduarlos adecuadamente, conservaron la temperatura de las unidades experimentales entre 28.5 y 29.0°C (Figura 3).

Figura 3. Unidades experimentales instaladas



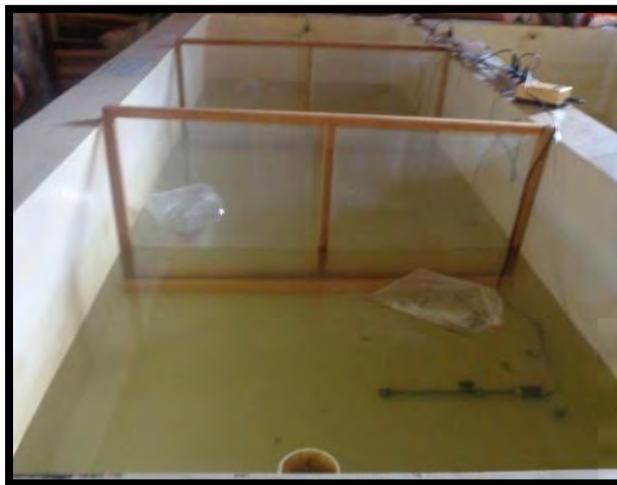
4.6.2 Lavado y desinfección. Previo a la recepción de los animales, las unidades experimentales se desinfectaron, con hipoclorito de sodio comercial al 5,5 % en una dosis de 5 mL/10L de agua, dejando actuar por un tiempo aproximado de 10 minutos, posteriormente fueron lavadas con abundante agua (Figura 4).

Figura 4. Desinfección de unidades experimentales



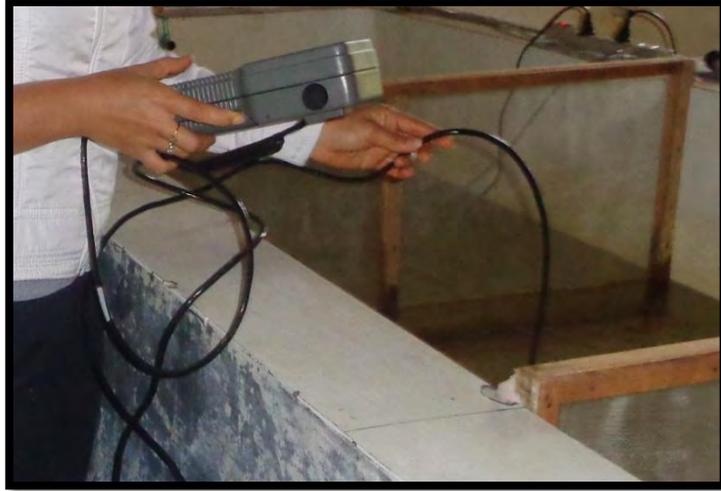
4.6.3 Siembra de los animales. Los alevinos fueron transportados a cada unidad experimental en bolsas de plástico a razón de 20 animales por bolsa. Estas se colocaron en las unidades experimentales durante 15 minutos para su aclimatación. En cada réplica se sembraron 20 alevinos para un total de 60 por tratamiento. (Figura 5).

Figura 5. Siembra de los animales



4.6.4 Parámetros Físico-químicos. Se realizó el monitoreo de los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno disuelto y pH, dos veces al día, a las 8:00 a.m. y 6:00 p.m., mediante una sonda multiparámetros (Figura 6).

Figura 6. Medición de parámetros Físico-químicos



4.6.5 Muestras. Se realizaron cada 7 días tomando el 50% de la población de cada unidad experimental para determinar el peso y la longitud (Figuras 7 y 8), para ello los animales se depositaron en baldes plásticos donde se adicionó eugenol como anestésico a razón de 0.5 mL/L para evitar estrés.

Figura 7. Pesaje de alevinos de Cachama Blanca



Figura 8. Medición de Longitud de alevinos de Cachama Blanca



4.6.6 Recambio y sifoneo de canaletas. Diariamente y en horas de la mañana se realizó sifoneo de fondo del 30% del volumen en cada una de las réplicas de los tratamientos evaluados, utilizando una manguera de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, el agua evacuada mediante este proceso fue restituida. Cada 15 días en todas las unidades experimentales se hizo recambio total del volumen de agua.

Para realizar el proceso de recambio de agua en las unidades experimentales, se utilizó una cuarta pileta con un volumen de agua de 1980 L, en la cual se instalaron cuatro termostatos para mantener la temperatura en el rango antes mencionado.

4.7 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

4.7.1 Alimento. Las dietas se elaboraron a base de una materia prima de origen vegetal como la morera y concentrado comercial al 38% de proteína.

4.7.2 Alimentación. Los animales se alimentaron tres veces al día (8 a.m, 12 p.m y 4 p.m), a razón del 5% de la biomasa, la cantidad de alimento a suministrar se ajustó cada 7 días de acuerdo al cambio de la biomasa durante la investigación.

4.7.3 Registros de alimentación. Se elaboró una tabla para llevar los registros de la cantidad de alimento suministrado en cada unidad experimental.

4.7.4 Preparación de dietas.

4.7.4.1 Elaboración de harina de morera. La harina de morera se obtuvo a partir de una fuente de hojas frescas disponibles en el campus del CEA (Figura 9), las cuáles se cortaron en trozos pequeños y se deshidrataron en el sol por dos días (Figura 10), luego se molió y tamizó a un tamaño de partícula de 500 micras, con el propósito de facilitar la mezcla y peletización del alimento.

Figura 9. Hojas frescas de morera



Figura 10. Deshidratación de hojas de morera



4.7.4.2 Mezcla de materias primas. La harina de morera y el concentrado comercial previamente tamizado (500 μ) fueron adicionados en una ponchera para su homogenización (Figura 11).

Figura 11. Homogenización de materias primas



4.7.4.3 Peletizado y secado de las dietas. Inicialmente se realizó el método de impregnación definido por López *et al*⁵⁶, el cual consistió en que por cada Kilogramo de dieta a preparar se utilizaron 100 mL de agua y 5 g de almidón, esta mezcla se calentó hasta el punto de ebullición, agitando constantemente; posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Finalmente para el proceso de peletizado se utilizó un molino de carne manual, que permitió obtener un pellet de 2 mm de diámetro (Figura 12). Las dietas se secaron a temperatura ambiente durante dos días (Figura 13).

⁵⁶ LÓPEZ, Jorge., *et al*. Nutrición Acuicola. Evaluación de inmuno estimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoíris (*O. mykiss*) cultivadas en jaulas flotantes en el Lago Guamuéz. Documento en línea de la Vicerrectoría de Investigaciones Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6.

Figura 12. Peletización de la dieta



Figura 13. Deshidratación de las dietas



4.7.4.4 Almacenamiento de las dietas. Las dietas elaboradas se empacaron en bolsas plásticas (Figura 14). La ración diaria correspondiente a cada unidad experimental se pesó para siete días; cada ración fue empacada en papel aluminio utilizándose para su almacenamiento frascos plásticos con tapa rosca hermética.

Figura 14. Almacenamiento de las dietas



4.8 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS.

Se efectuó análisis bromatológico a la harina de morera y a los tratamientos evaluados, por el Laboratorio Tecnianálisis S.A.S ubicado en la Ciudad de Bogotá, determinándose humedad, extracto etéreo, ceniza, extracto no nitrogenado, fibra cruda, proteína bruta, cenizas, humedad, grasas, y minerales.

4.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por tres tratamientos y tres réplicas según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij}: \mu + T_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : respuesta de la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento.

μ : media

T_j : efecto del i -ésimo tratamiento

J : tratamiento 1, 2 y 3.

I : réplicas 1,2 y 3.

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

Para las variables evaluadas, se verificaron los supuestos estadísticos de Normalidad (Chi-Cuadrado, Shapiro-Wilk y Valor-Z para asimetría), Homogeneidad de varianzas (Prueba de Bartlett) e Independencia (Estadístico Durbin-Watson) para proceder a la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

En los casos en los cuales se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, se ejecutó una prueba de comparación múltiple de Tukey con el fin de establecer diferencias significativas entre las medias y así poder determinar el mejor tratamiento en cada una de las variables evaluadas.

Todas las pruebas se efectuaron utilizando el software Statgraphics Centurion XVI.

Dado que algunas de las variables no cumplieron los supuestos estadísticos, se realizó la transformación de los datos, utilizando los modelos:

- $\frac{1}{\sqrt{y}}$: *para conversion alimenticia*

Dónde:

\sqrt{y} : *Raiz cuadrada de la conversion alimenticia aparente*

- $(\ln pf - \ln pi)/t$: *para incremento de peso*

Dónde:

$\ln pf$: *Logaritmo natural del peso final*

$\ln pi$: *Logaritmo natural del peso inicial*

t : *Periodo de tiempo en días*

- $(\ln tf - \ln ti)/t$: *para ganancia de longitud*

Dónde:

$\ln tf$: *Logaritmo natural de la talla final*

$\ln ti$: *Logaritmo natural de la talla inicial*

t : *Periodo de tiempo en días*

4.9.1 Tratamientos. Se evaluaron tres tratamientos con tres réplicas, distribuidos de la siguiente forma:

T1: 100% *Concentrado comercial al 38% de proteína*

T2: 15% *Harina de morera*, 85% *concentrado comercial al 38% de proteína*

T3: 30% Harina de morera, 70% concentrado comercial al 38% de proteína

4.9.2 Formulación de hipótesis

Las hipótesis a comprobar fueron:

Ho: Hipótesis nula: Los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables son iguales en todos los tratamientos, de tal manera que:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1: Hipótesis alterna: Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado diferente en las variables estudiadas, de tal manera que:

$$H_1 \neq \mu_j \neq \mu_{j'}, j \neq j'$$

4.9.3 Variables evaluadas. Se evaluaron las siguientes variables:

Incremento Periódico de Peso (IP). Se define como la ganancia de peso de un individuo o de una población en un determinado periodo de tiempo (7 días), y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IP = W_f - W_i$$

Dónde:

IP: Incremento periódico de peso al final del experimento (7 días)

W_f: Peso final

W_i: Peso inicial

Ganancia de Longitud (GL). Es el Incremento de talla de un individuo o de una población en un periodo de tiempo determinado (7 días), se define mediante la siguiente fórmula:

$$GL = L_f - L_i$$

Dónde:

GL: Ganancia de longitud al final del periodo experimental (7 días)

L_f: Longitud final

L_i: Longitud inicial

Tasa de Crecimiento Específica (TCE). Se define como el incremento diario de peso promedio, expresado en porcentaje, del individuo o la población y se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$TCE (\% \text{ diaria}) = \left(\frac{\text{LnPpf} - \text{LnPpi}}{T} \right) \times 100$$

Dónde:

TCE: Tasa específica de crecimiento

LnPpf: Logaritmo natural del peso promedio final

LnPpi: Logaritmo natural del peso promedio inicial

T: Periodo de tiempo en días

Conversión Alimenticia Aparente (CAA). Es la relación entre las unidades de alimento consumido y las unidades de peso animal producido durante la fase experimental y se calculó mediante la expresión matemática:

$$CAA = \frac{As}{Ip}$$

Dónde:

CAA: Conversión alimenticia aparente

As: Alimento suministrado (g)

Ip: Incremento de peso (g)

Porcentaje de Supervivencia (%S). Se expresa como la relación entre el número de animales finales y la población inicial, se define mediante la siguiente fórmula:

$$S(\%) = \frac{Nf}{Ni} * 100$$

Dónde:

S (%): Supervivencia

Nf: Número final de animales

Ni: Número inicial de animales

Análisis parcial de costos (B-C). Índice que resulta de dividir los beneficios (Flujos de efectivo) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$B - C = \frac{IT}{CT}$$

Dónde:

B - C: Relación beneficio - costo

IT: Ingreso total (unidad de alevinos sobrevivientes por precio de venta)

CT: Costo total (costos fijos más costos variables)

5. RESULTADOS

5.1 PESO INICIAL DE SIEMBRA

El peso promedio de los tres tratamientos al momento de la siembra no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($1,0000 > 0,05$) (Anexo F). El peso promedio inicial de siembra fue de 3 ± 0.14 g, los valores de coeficiente de variación presentados en la tabla 7 se encuentran por debajo del 15%, indicando así poca variación en peso⁵⁷, lo que demuestra la homogeneidad de la población en el momento de la siembra.

Tabla 7. Peso (g) promedio inicial para cada tratamiento

Tratamiento	Recuento (n)	Peso promedio (g)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T1	60	3	0.14	4.75%
T2	60	3	0.14	4.75%
T3	60	3	0.14	4.75%

5.2 INCREMENTO PERIÓDICO DE PESO (IP)

El análisis de varianza con el 95% de confianza, demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($0,0000 < 0,05$) (Anexo G), la prueba de significancia de Tukey (Anexo H), estableció que el tratamiento 1, que correspondió al suministro de 100% Concentrado comercial al 38% de proteína, y el tratamiento 2 con 15% harina de morera y 85% concentrado comercial al 38% de proteína, presentaron los mejores resultados con incrementos de peso periódico de 13.53 ± 0.72 g y 13.53 ± 0.63 g, respectivamente, seguido del tratamiento 3 con 9.03 ± 0.76 g (Figura 15), lo que demostró la factibilidad de incluir morera en un porcentaje del 15% obteniendo para esta variable de producción un valor similar al presentado con concentrado comercial. En la Tabla 8 se indica el incremento de peso obtenido al final del periodo experimental con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación.

⁵⁷ RODRIGUEZ, N. Evaluación del crecimiento de juveniles de "chivo cabezón" (*Ariopsis bonillai*) (Miles, 1945) utilizando dos prebióticos comerciales bajo condiciones de laboratorio. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Facultad de ciencias agropecuarias. Santa fe de Bogotá. 2005. p. 31.

Figura 15. Incremento de peso (g) promedio final

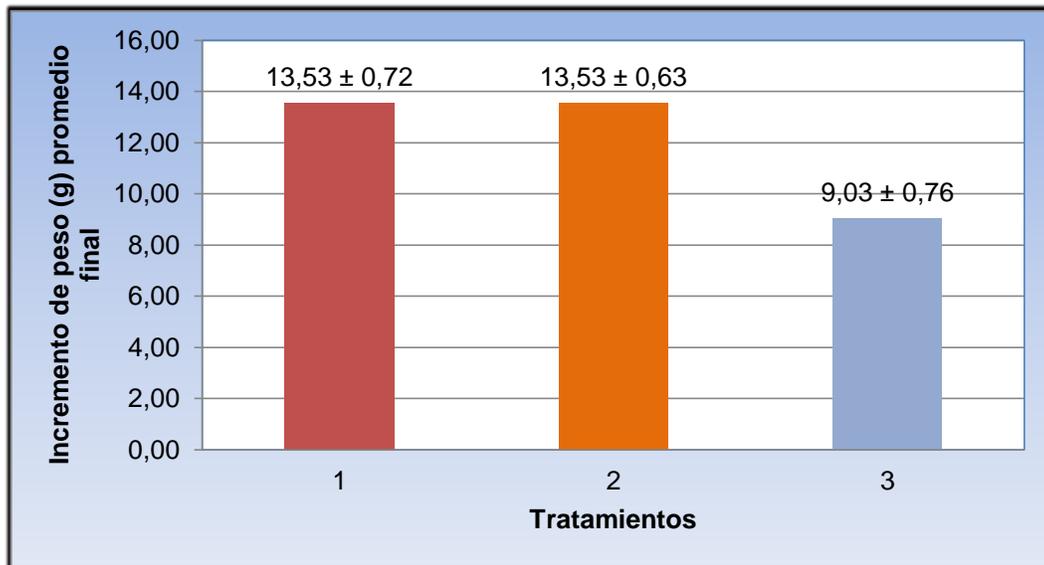


Tabla 8. Incremento de peso al final de la investigación

Tratamiento	Recuento (n)	Incremento de peso promedio (g)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T1	30	13.53	0.72	5.34%
T2	30	13.53	0.63	4.68%
T3	30	9.03	0.76	8.40%

En la Figura 16 y Tabla 9 se presenta el incremento de peso promedio semanal de cada uno de los tratamientos, en la cual se nota un comportamiento similar en los tratamientos 1 y 2, con valores medios finales de 2.26 y 2.25 g, respectivamente. El tratamiento 3 presentó el menor incremento de peso a lo largo del periodo experimental, con un valor promedio semanal de 1.51 g.

Figura 16. Incremento de peso (g) promedio semanal

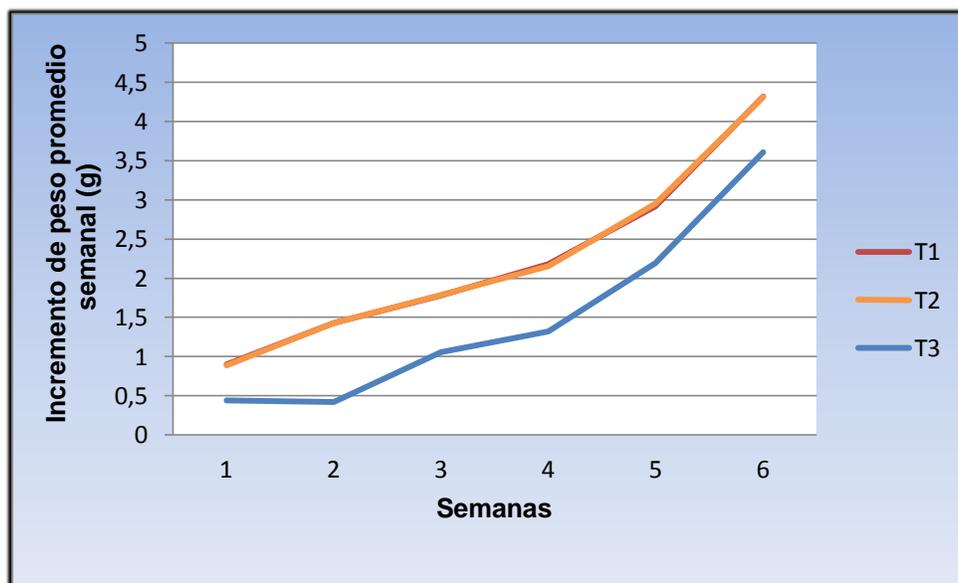
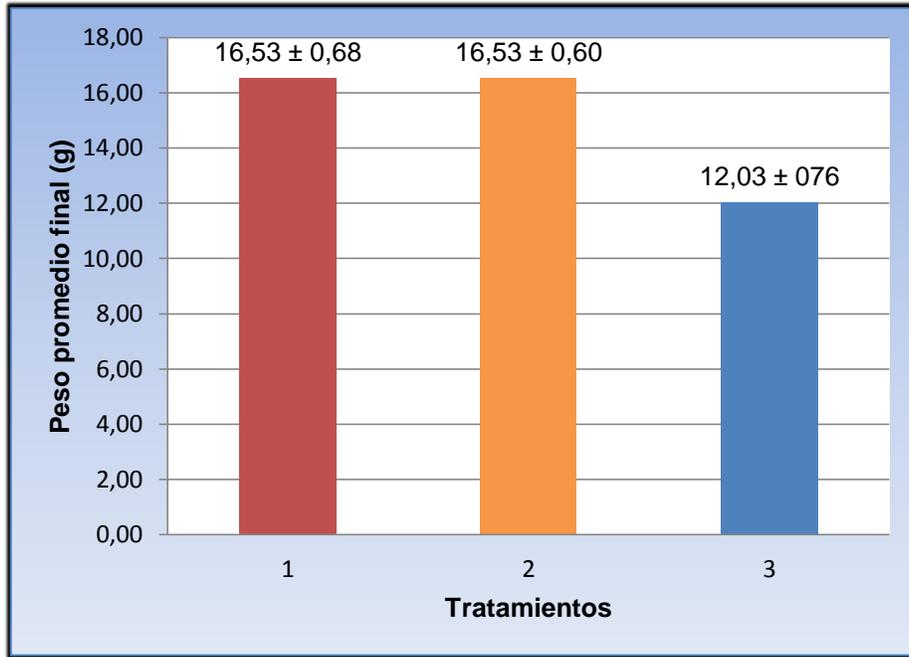


Tabla 9. Incremento de peso (g) promedio semanal por tratamiento

Tratamiento	Semana						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
T1	0.90	1.43	1.78	2.18	2.92	4.32	2.26
T2	0.89	1.43	1.79	2.15	2.95	4.31	2.25
T3	0.44	0.42	1.06	1.32	2.19	3.61	1.51

La Figura 17 muestra el peso promedio final por tratamiento, en la cual se nota que los tratamientos 1 y 2 fueron los mejores, alcanzando un valor para ambos de 16.53 g; el T3 mostró valores inferiores de peso promedio, obteniendo al final de la investigación peces de 12.03 g.

Figura 17. Peso promedio (g) final en los tratamientos



5.3 LONGITUD INICIAL DE SIEMBRA

Según el análisis de varianza ($0,3186 > 0,05$), (Anexo I), la longitud promedio de los tres tratamientos al momento de la siembra, no mostró diferencias estadísticas significativas, lo cual permite determinar que la longitud inicial no fue una fuente de variación en el análisis realizado. En la Tabla 10, se muestran los datos de desviación estándar y coeficiente de variación de la longitud promedio inicial de los tratamientos.

Tabla 10. Longitud promedio (cm) inicial para cada tratamiento

Tratamiento	Recuento (n)	Longitud promedio (cm)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
T1	60	5.35	0.11	2.08%
T2	60	5.33	0.14	2.62%
T3	60	5.29	0.10	1.95%

5.4 GANANCIA DE LONGITUD (GL)

Según el análisis de varianza para la variable ganancia de longitud, se demostró que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ($0,0000 < 0,05$), (Anexo J). El tratamiento 1 registró las mejores ganancias de longitud con un promedio y una desviación estándar de 7.59 ± 0.51 cm, seguido del T2 con 7.58 ± 0.52 cm; el T3 presentó la menor ganancia de longitud, con 4.35 ± 0.29 cm. (Figura 18) (Tabla 11).

La prueba de Tukey, con el 95% de confiabilidad (Anexo K), estableció que los tratamientos 1 y 2 obtuvieron las mejores ganancias de longitud, dichos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, y sus resultados muestran valores superiores con respecto al tratamiento 3, con 42.69% y 42.61% respectivamente.

Figura 18. Ganancia de longitud (cm) promedio final

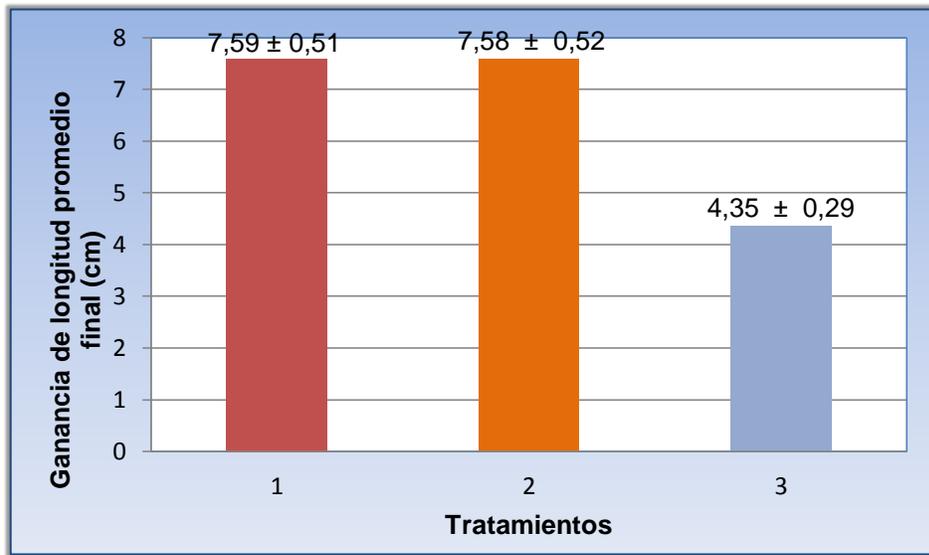


Tabla 11. Resumen estadístico para Ganancia de Longitud

Tratamiento	Recuento (n)	Ganancia de longitud promedio (cm)	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
1	30	7.59	0.51	6.68%
2	30	7.58	0.52	6.83%
3	30	4.35	0.29	6.75%

En la Tabla 12 y Figura 19 se muestra la ganancia de longitud promedio semanal de cada uno de los tratamientos durante el periodo de estudio, en la cual se puede observar un incremento similar en los tratamientos 1 y 2; apreciándose que en estos dos tratamientos se obtuvo un mayor incremento de longitud desde la primera semana, llegando al final del estudio a una talla promedio de 12.92 cm en el tratamiento 1 y 12.91 cm en el tratamiento 2, la longitud más baja estuvo en el tratamiento 3 con un promedio final de 9.65 cm (Figura 20).

Tabla 12. Ganancia de longitud (cm) promedio semanal por tratamiento

Tratamiento	Semana						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
T1	0.56	0.43	0.79	0.94	1.68	3.17	1.26
T2	0.58	0.42	0.80	0.92	1.70	3.16	1.26
T3	0.29	0.45	0.41	0.55	0.78	1.88	0.73

Figura 19. Ganancia de longitud (cm) promedio semanal por tratamiento

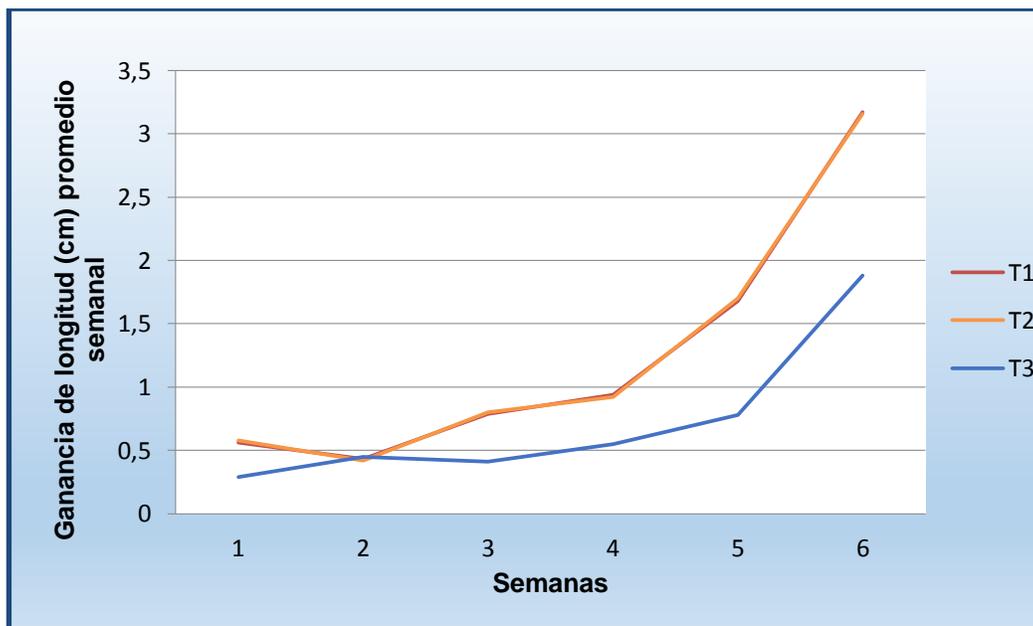
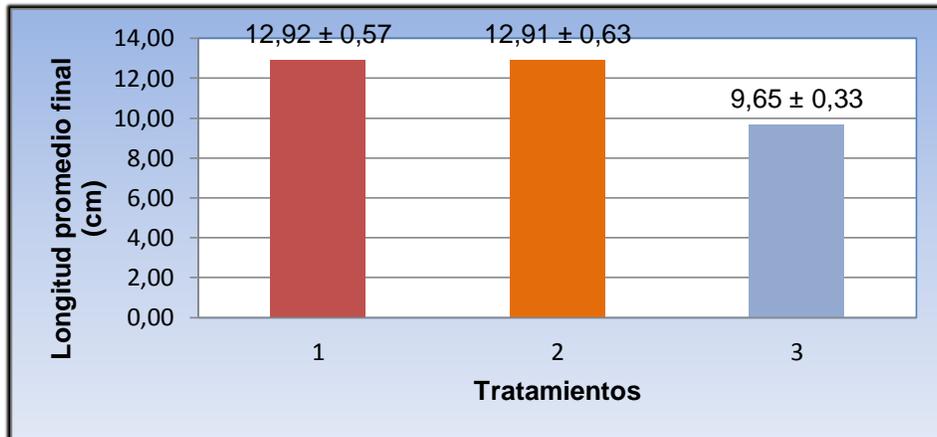


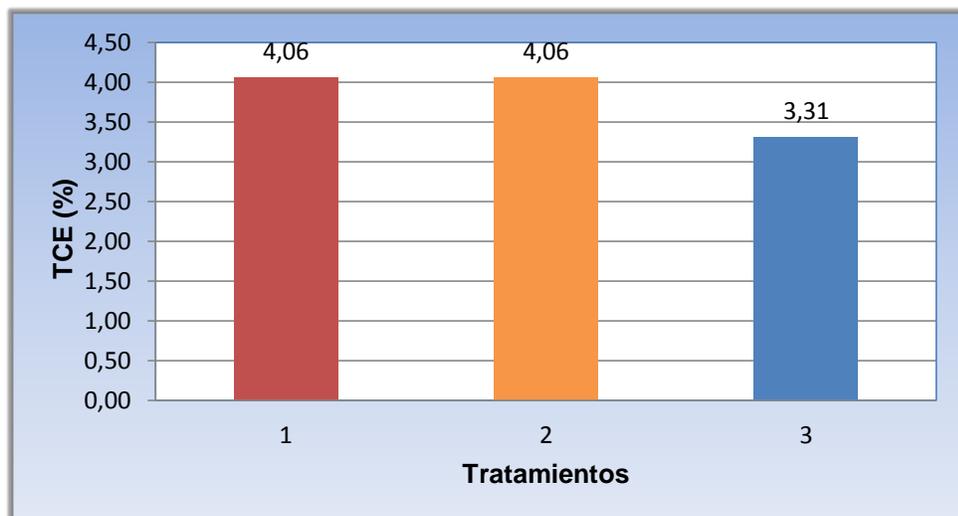
Figura 20. Longitud promedio (cm) final por tratamiento



5.5 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA (TCE)

El análisis de varianza con 95% de confianza demostró que para esta variable existen diferencias significativas entre los tratamientos ($0,0000 < 0,05$) (Anexo G). Mediante la prueba de Tukey (Anexo H), se estableció que la media más baja la reportó el tratamiento 3, con un crecimiento específico diario de 3.31%; los tratamientos 1 y 2 no presentaron diferencias significativas, obteniendo para estos dos tratamientos un valor de 4.06%. (Figura 21).

Figura 21. Tasa de crecimiento específica para peso (%)



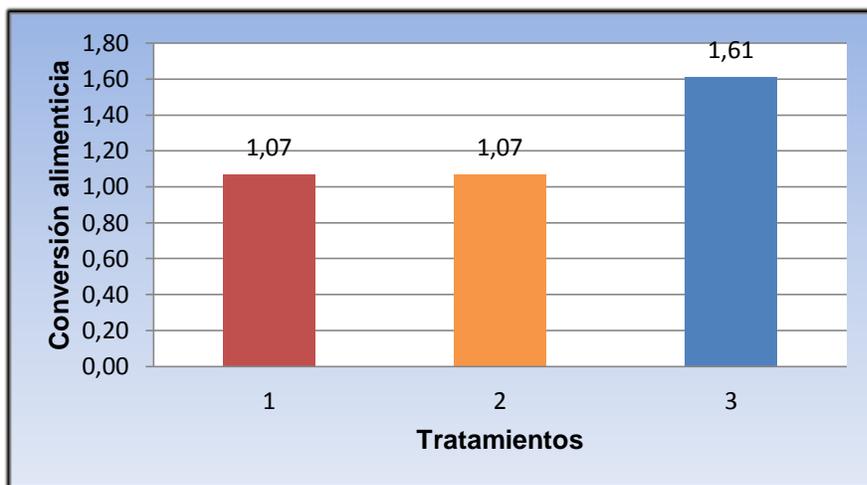
5.6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)

Los resultados obtenidos para esta variable presentaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($0,0000 < 0,05$) (Anexo L). La prueba de Tukey, con el 95% de confianza (Anexo M), demostró que la mejor conversión alimenticia aparente durante el periodo de estudio la obtuvieron el T1 y el T2 con un valor de 1.07; el tratamiento 3 presentó la menor conversión alimenticia con un valor de 1.61. (Tabla13) (Figura 22).

Tabla 13. Conversión Alimenticia Aparente promedio por tratamiento

Tratamiento	Conversión alimenticia
T1	1.07
T2	1.07
T3	1.61

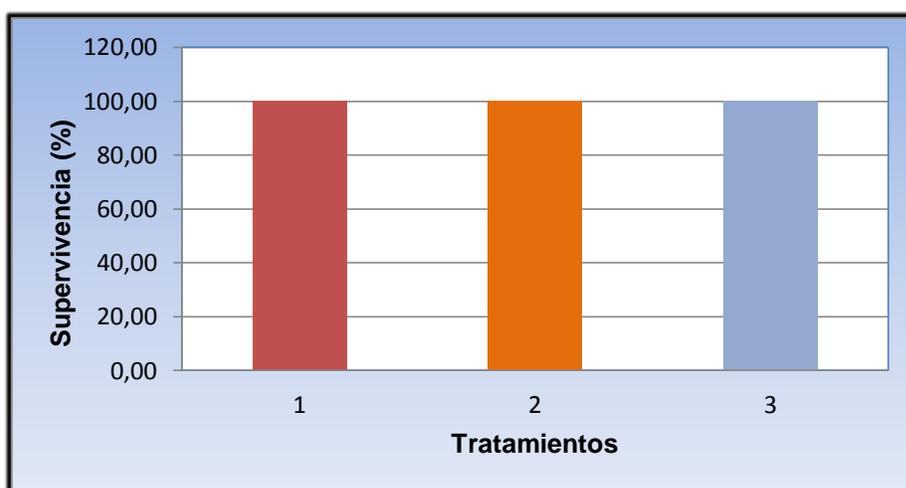
Figura 22. Conversión Alimenticia Aparente



5.7 SUPERVIVENCIA

Todos los tratamientos presentaron una tasa de supervivencia del 100% (Figura 23).

Figura 23. Supervivencia (%) final en los tratamientos



5.8 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

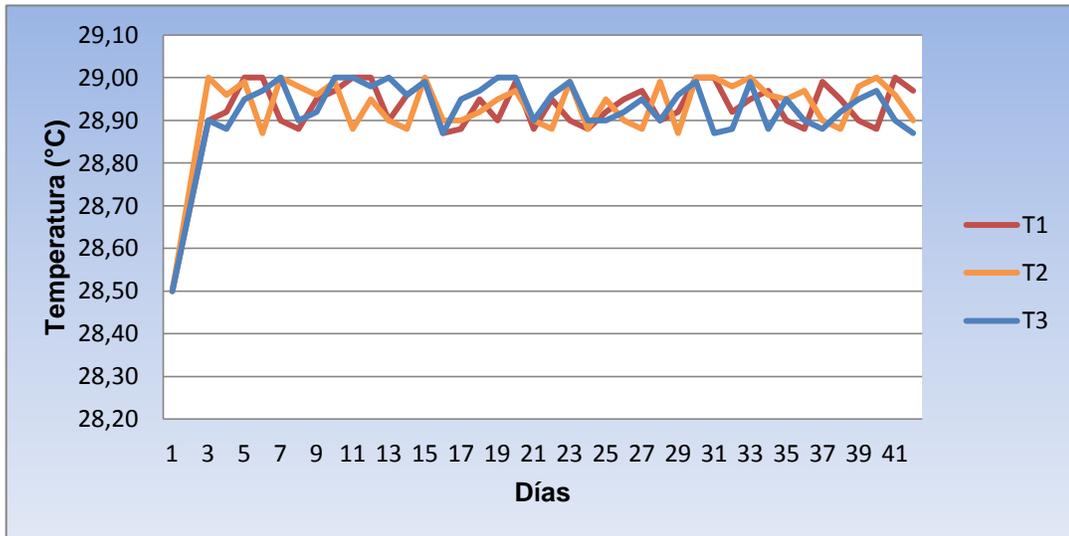
En la Tabla 14 se muestran los valores promedios de temperatura, pH, oxígeno disuelto de cada uno de los tratamientos durante el ensayo.

Tabla 14. Valores promedio Parámetros Físico-Químicos

Parámetro	Tratamientos			Promedio
	T1	T2	T3	
Temperatura (°C)	28.92	28.93	28.92	28.92
pH (Unidades)	6.69	6.74	6.73	6.72
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6.51	6.47	6.45	6.48

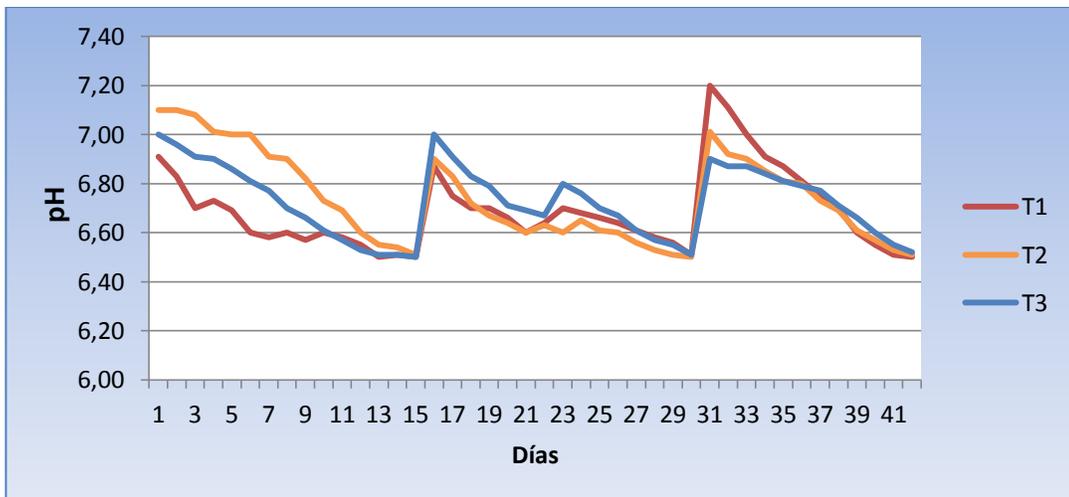
5.8.1 Temperatura (T°). En general, la temperatura promedio durante el periodo de estudio presentó un comportamiento similar en todos los tratamientos (Anexo B). En la Figura 24, se puede observar que la temperatura se encuentra en un rango de 28.5 y 29.0 °C.

Figura 24. Curva de temperatura promedio diaria por tratamiento (°C)



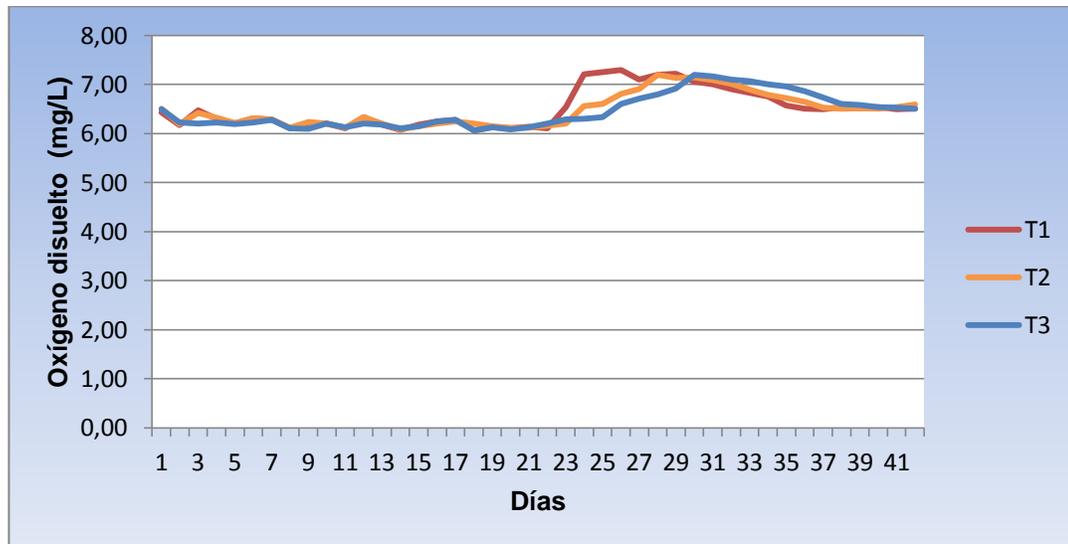
5.8.2 Potencial de hidrógeno (pH). Los valores promedio de pH en cada uno de los tratamientos oscilaron entre 6.69 y 6.74, con un promedio de 6.72 (Anexo C). Durante el periodo de evaluación se presentaron valores máximos de 7.20 y mínimos de 6.50 (Figura 25).

Figura 25. Curva de pH promedio diaria por tratamiento



5.8.3 Oxígeno disuelto (OD). El valor promedio para oxígeno disuelto fue de 6.51 mg/L para el tratamiento 1; 6.47 mg/L para el tratamiento 2 y 6.43 mg/L para el tratamiento 3 (Anexo D). A lo largo del periodo experimental se presentó un valor máximo de 7.30 mg/L y un valor mínimo de 6.06 mg/L (Figura. 26).

Figura 26. Curva de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diaria por tratamiento



5.9 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS

Los resultados del análisis nutritivo de la harina de morera mostraron valores de proteína cruda del 19.01% (Anexo O).

El tratamiento 2 presenta un porcentaje de proteína bruta de 36.88% (Anexo P), el tratamiento 3 presentó un valor menor con 33.69 % de proteína (Anexo Q). Los fabricantes del alimento concentrado utilizado en este estudio describen que el porcentaje de proteína cruda presente en dicho alimento es del 38%.

5.10 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

5.10.1 Costo de la harina de Morera. El valor de la harina de morera se estimó teniendo en cuenta un estudio de Pinzón y Pedraza⁵⁸, quienes al evaluar la

⁵⁸ PINZON, Omar y PEDRAZA, Y. Evaluación del efecto del uso de bloques multinutricionales basados en morera sobre los parámetros productivos de conejos. Nueva Zelanda. Tunja, Colombia. Universidad Nacional y a distancia UNAD. Proyecto de grado para obtener el grado de Zootecnista. 2014. p. 76.

inclusión de morera en la alimentación de conejos determinaron que el costo por cada kilogramo de morera es de 200 pesos.

5.10.2 Determinación de la Relación Beneficio- Costo. Para la determinación de la relación beneficio costo, se tuvo en cuenta los costos variables en cada uno de los tratamientos evaluados tales como: alimento balanceado, harina de morera, almidón y mano de obra (Tabla 15 y16).

Tabla 15. Costos parciales por tratamiento

Rubro	Unidad	T1		T2		T3		
		Vr. Unitario (\$)	Cantidad	Vr. Total (\$)	Cantidad	Vr. Total (\$)	Cantidad	Vr. Total (\$)
Alimento balanceado 38% proteína	g	2.70	857.64	2315.63	728.52	1967.00	439.04	1185.41
Harina de morera	g	0.20	0.00	0.00	128.56	25.71	188.16	37.632
Almidón	g	3.00	0.00	0.00	4.30	12.90	3.10	9.30
Mano de obra	Minuto	31.25	0.00	0.00	4.00	125.00	3.00	93.75
TOTAL				2315.63		2130.61		1326.09

Tabla 16. Costos parciales de la investigación

Rubros	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario (\$)	Vr. Total (\$)	Porcentaje (%)
Alimento balanceado 38% proteína	g	2025.20	2.70	5468.04	94.73
Harina de morera	g	316.72	0.20	63.344	1.10
Almidón	g	7.40	3.00	22.20	0,38
Mano de obra	Minuto	7.00	31.25	218.75	3.79
TOTAL				5772.33	100.00

La mejor relación beneficio costo se registró en el tratamiento 3 con un valor de 3.80; esto debido a que fue el tratamiento con mayor porcentaje de inclusión de harina de morera y en donde la supervivencia no fue afectada por la dieta. El tratamiento 2 presentó una relación B/C de 3.27, mientras que el tratamiento 1 obtuvo la menor relación B/C, con un valor de 3.01 (Tabla 17).

Tabla 17. Resumen del cálculo de la relación beneficio – costo

Tratamiento	Costo total (\$)	Nº animales	Precio venta (\$)	Ingreso bruto (\$)	Ingreso neto (\$)	Beneficio costo
T1	2315.63	60	116	6960	4644.37	3.01
T2	2130.62	60	116	6960	4829.38	3.27
T3	1326.09	60	84	5040	3713.91	3.80

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Debido a la novedad sobre el uso de la morera, y a la escasa investigación que se ha realizado con este tipo de planta como alimento suplementario en dietas para peces solo se puede comparar los resultados obtenidos en este trabajo, con los pocos estudios reportados con cachama blanca, otras especies, y distintas materias primas de origen vegetal.

6.1 INCREMENTO PERIÓDICO DE PESO

Los resultados de incremento de peso obtenidos en este estudio (T1=13.53 g; T2= 13.53 g; T3= 9.03 g), son relativamente buenos si se comparan con valores reportados por Morillo *et al*⁵⁹, quienes al alimentar alevinos de cachama negra con un peso inicial entre 1.88 y 2.08 g, con concentrado al 32.5% de proteína durante diez semanas, obtuvieron una ganancia de peso final de 6.71 g, y con los referenciados por Aldana⁶⁰, quien al evaluar el potencial de la harina de morera como sustituto del alimento concentrado en alevinos de tilapia (*Oreochromis spp*) por un periodo de diez semanas, encontró que la ganancia de peso final del tratamiento 50% morera - 50% concentrado, fue similar al tratamiento testigo (100% concentrado comercial), presentándose incrementos de peso de 3.9 y 4 g, respectivamente. Así mismo, Costa *et al*⁶¹, al utilizar diferentes niveles de alga parda (*Ascophyllum nodosum*) en el alimento para alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) por un periodo de 42 días, lograron la mayor ganancia de peso (4.71 g) con la inclusión de 20 g de alga parda por cada kilogramo de alimento, demostrando la ventaja que tiene el uso de sustitutos en algunas especies de peces.

Los resultados de los tratamientos 1 y 2 (13.53 g), son similares al reportado por Astuti *et al*⁶², quienes encontraron una ganancia de peso final de 13.4 g, en un estudio de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en fase de alevinaje, suministrando una dieta con 30% hojas de morera y harina de pescado como componente principal; lo que indica que al sustituir morera en porcentajes del 15% para alevinos de cachama y 30% para alevinos de tilapia se obtienen buenos rendimientos de la variable peso.

⁵⁹ MORILLO, M., *et al*. Alimentación de alevinos de (*Colossoma macropomum*) con dietas a base de (*Erythrina edulis*) y soya. Revista científica Interciencia. [en línea]. Vol. 38. No. 2 (2013): p. 125. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <www.interciencia.org/v38_02/121.pdf>

⁶⁰ Aldana, Julio. Óp. cit., p. 13-14.

⁶¹ COSTA, M., *et al*. Brown seaweed meal to Nile tilapia fingerlings. *En* : Revista científica Scielo. [en línea]. Vol. 62, No. 237 (2013); pp. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922013000100011>

⁶² ASTUTI, Dewi., *et al*. Energy and protein balance of Nile tilapia fed with moringa and mulberry leaves. Documento en línea del Departemen of Aquatic Product Technology. [en línea]. Vol. 15, No. 1 (2012); p. 71-77. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/viewFile/5337/3750>>

Mahdavi *et al*⁶³, encontraron valores de incrementos de peso de 33.6 g; 40.59 g y 45.6 g, al incluir extracto de Aloe Vera en la alimentación de juveniles de carpa común (*Cyprinus carpio*), en dosis de 0.1; 0.5 y 2.5% respectivamente; resultados estadísticamente superiores a la dieta control. Igualmente Francis *et al*⁶⁴, al adicionar quillay (*Quillaja saponaria*) en el alimento para juveniles de carpa común obtuvieron una mayor ganancia de peso con respecto al tratamiento control, alcanzando el mejor incremento en peso (61.5 g) al utilizar 300 mg de quillay por cada Kg de dieta. De igual manera, en ensayos realizados por Bautista *et al*⁶⁵, al evaluar el desarrollo de alevinos del híbrido cachamay (*Colossoma x Piaractus*) alimentados con raciones compuestas por 10.15 y 18% de pulpa de café ecológico ensilado, obtuvieron que la ganancia de peso promedio de los tratamientos que incluían esta materia prima, fueron mayores al tratamiento control; presentando diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), siendo el T3 (18% pulpa de café), el que mostró una ganancia de peso mayor (44.9 g); Los resultados obtenidos en esta investigación fueron menores a los reportados por los autores anteriormente mencionados.

Los valores de peso promedio final obtenidos en este estudio (T1= 16.53 g; T2= 16.53 g; T3= 12.03 g) son superiores a los reportados por Keembiyehetty y Silva⁶⁶, quienes evaluaron el reemplazo total y parcial de la harina de pescado con semillas de las leguminosas Caupí (*Vigna catieng*) y gramo negro (*Phaseolus mungo*) en la alimentación de tilapia nilótica, obteniendo en el mejor de los casos valores de 10.68 g y 11.44 g, respectivamente.

6.2 GANANCIA DE LONGITUD

Los resultados obtenidos en esta investigación (T1= 7.59 cm; T2= 7.58 cm; T3= 4.35 cm), demuestran el buen rendimiento del tratamiento 2 (15% harina de morera y 85% balanceado comercial) sobre esta variable, lo que es corroborado por Balan y Martínez⁶⁷, quienes al alimentar ejemplares de tilapia nilótica con morera y microorganismos eficientes (EM) demostraron que el mejor incremento de longitud (3.99 cm) se alcanzó con la dieta que contenía 50% morera y 50% concentrado

⁶³ MAHDAVI, M., *et al.* Effect of Aloe vera Extract on Growth Parameters of Common Carp (*Cyprinus carpio*). En: Revisit Scientific World Journal of Medical Sciences. [en línea]. Vol. 9, No. 1 (2013); p. 55-58. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <[http://idosi.org/wjms/9\(1\)13/9.pdf](http://idosi.org/wjms/9(1)13/9.pdf)>

⁶⁴ FRANCIS, George., *et al.* Dietary supplementation with a (*Quillaja saponin*) mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (*Cyprinus carpio L.*). En : Revisit Scientific Aquaculture. [en línea]. No. 203 (2002); p. 311-319. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en:

<http://www.researchgate.net/publication/248340688_Dietary_supplementation_with_a_Quillaja_saponin_mixture_improve_growth_performance_and_metabolic_efficiency_in_common_carp_%28Cyprinus_carpio_L.%29>

⁶⁵ BAUTISTA, Edgar., *et al.* Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevinos del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). En : Revista Científica. [en línea]. Vol. XV. No. 1 (2005); p. 33-39. [Revista científica en línea, consultada el 20 octubre 2015] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915106>>

⁶⁶ KEEMBIYEHETTY, C., *et al.* Performance of juvenile (*Oreochromis niloticus L.*) reared on diets containing cowpea, (*Vigna catieng*), and black gram, (*Phaseolus mungo*), seeds. Revista Científica Aquaculture. [en línea]. Vol. 112. No. 2-3 (1993); p. 207-212. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0044848693904466>>

⁶⁷ BALAN, Teresita y MARTÍNEZ, D. Uso de Microorganismos Eficientes (EM) en la Alimentación de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, Limón, Costa Rica. Universidad EARTH. Proyecto de grado para obtener el grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas e Ingeniero Agrónomo. 2007. p. 6.

comercial molido; coincidiendo también con lo reportado por Aldana⁶⁸, quien obtuvo en alevinos de tilapia (*Oreochromis spp*), por un periodo de diez semanas, incrementos de longitud de 4.91 cm al suministrar una dieta con 50% morera - 50% concentrado y de 4.98 cm al alimentar con 100% concentrado comercial.

6.3 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA

Los valores de TCE obtenidos en esta investigación (T1=4.06 %; T2=4.06 %; T3= 3.31 %) son superiores a los resultados reportados por Ruiz⁶⁹, quienes evaluaron el uso de yuca, plátano y pijuayo sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*) en fase juvenil. Encontraron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo las mejores tasas de crecimiento específica se observaron con la dieta control y la dieta con pijuayo, obteniendo valores de crecimiento diario de 2.09 y 1.8, respectivamente. Igualmente, Isagani *et al*⁷⁰, al evaluar el efecto de tres dietas: 150 mg de quillay (*Quillaja saponaria*) por kilogramo de alimento, 150 mg de yuca (*Yucca schidigera*) y la combinación de 75 mg de quillay y 75 mg de yuca frente a una dieta control en alevinos de carpa común, obteniendo una tasa de crecimiento específico mayor con un valor de 1,36 en la dieta que contenía la combinación de los dos vegetales.

Morillo *et al*⁷¹, determinaron la eficiencia de dos dietas alternativas en la alimentación de alevinos de cachama negra (*Colossoma macropomum*), utilizando como fuente proteica chachafruto (*Erythrina edulis*) y soya (*Glycine max*), como sustituto de la harina de pescado, en comparación con una dieta testigo a base de harina de pescado. A partir de este estudio demostraron que los alevinos de cachama negra alimentados con chachafruto y soya obtuvieron rendimientos similares al grupo control. Igualmente Olvera *et al*⁷², al evaluar el efecto sobre el crecimiento y la supervivencia en alevinos de tilapia alimentados con semilla de judía (*Vigna unguiculata*), encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, reportando valores de tasa de crecimiento específico superiores en las dietas que contenían semilla de judía.

⁶⁸ ALDANA, Julio. Óp., cit. p. 24.

⁶⁹ RUIZ, Jorge. Viabilidad del uso de tres insumos vegetales y del ensilado biológico de pescado en dietas para alevinos de gamitana, (*Colossoma macropomum*) (Cuvier 1818), criados en jaulas, en la localidad de el estrecho, río Putumayo, Perú. Documento en línea de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de ciencias biológicas. Escuela de formación profesional de biología. QUITOS. Perú. 2013. p. 184-189. Disponible en:

<<http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/271/1/Tesis%20Jorge%20Ulises%20Ruiz%20Contreras.pdf>>

⁷⁰ ISAGANI, P., *et al*. Dietary effect of (*Quillaja saponaria*) and/or (*Yucca schidigera*) extract on growth and survival of common carp (*Cyprinus carpio*), their antioxidant capacity and metabolic response to hypoxic condition. En: The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. [en línea]. Vol. 67. (2014); p. 1-4. [Documento en línea consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://cmsadmin.atp.co.il/Content_siamb/editor/67.2015.1165_Angeles.pdf>

⁷¹ MORILLO, M., *et al*. Óp. cit., p. 121-126.

⁷² OLVERA, M., *et al*. Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrates as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Revista Científica Aquaculture. [en línea]. Vol. 158. No. 1-2 (1997); p. 107-115. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848697001713>>

Por otra parte, Sheikhlar *et al*⁷³., evaluaron la inclusión del extracto de metanol del follaje de morera (*Morus alba*) como promotor de crecimiento en una dieta comercial para alevinos de Catfish (*Clarias gariepinus*), encontrando que aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$), la tasa de crecimiento en las dietas que contenían diferentes dosis del extracto fue mayor al tratamiento control.

6.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)

Gutiérrez *et al*⁷⁴., al determinar el efecto de un extracto de algas marinas (EAM), en la alimentación de cachama blanca por un periodo de 42 días registraron una conversión alimenticia de 0.7; siendo este valor inferior a las conversiones presentadas en esta investigación.

Los resultados de los tratamientos 1 y 2 (1.07) obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Deza⁷⁵, quien al alimentar alevinos de (*P. brachypomus*) con concentrado comercial 33% de proteína bruta y manejando una densidad de 5000 peces/ha por un período de 245 días, obtuvo una conversión alimenticia de 1.09; así mismo Delgado⁷⁶, al suministrar concentrado a base de alevinos de mojarra a ejemplares de Cachama blanca obtuvo una conversión alimenticia de 1.08.

Lochman y Chen⁷⁷, mediante el uso de carbohidratos como alimento alternativo para el crecimiento de cachama blanca registraron valores de conversión alimenticia de 1,90; comparando estos resultados con la mejor conversión alimenticia aparente la cual corresponde a los tratamientos 1 y 2, con una CAA de 1.07, confirma que la inclusión del 15% de harina de morera en la alimentación de alevinos de cachama blanca influye en una adecuada conversión alimenticia, debido a que solo se debe suministrar 1.07 g de alimento para que el pez gane

⁷³ SHEIKHLAR, A., *et al.* White Mulberry (*Morus alba*) Foliage Methanolic Extract Can Alleviate (*Aeromonas hydrophila*) Infection in African Catfish (*Clarias gariepinus*). En : Revisit Scientific World Journal. [en línea]. (2014): p. 1-6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en:

<[http://www.researchgate.net/publication/269398175_White_Mulberry_\(Morus_alba\)_Foliage_Methanolic_Extract_Can_Alleviate_Aeromonas_hydrophila_Infection_in_African_Catfish_\(Clarias_gariepinus\)](http://www.researchgate.net/publication/269398175_White_Mulberry_(Morus_alba)_Foliage_Methanolic_Extract_Can_Alleviate_Aeromonas_hydrophila_Infection_in_African_Catfish_(Clarias_gariepinus))>

⁷⁴ GUTIÉRREZ, Gloria., *et al.* Efectos de extracto de algas marinas sobre parámetros productivos de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*): ensayos en laboratorio y a escala comercial. En : Revista Científica. [en línea]. Vol.13. No. 1 (2009): p. 6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776007>>

⁷⁵ DEZA, Sonia., *et al.* Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de (*Piaractus brachypomus*, cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. En: Folia Amazónica. [en línea]. Vol. 13. No. 1-2 (2002): p. 6. [Documento en línea consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL709.pdf>>

⁷⁶ DELGADO, Carlos., *et al.* Efecto de la sustitución de concentrado comercial por concentrado a base de harina de alevinos de mojarra (*Oreochromis sp*). En la producción de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Proyecto de grado en Momentos de Ciencia. [en línea]. Vol. 3. No. 1 (2006): p. 4. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/123>>

⁷⁷ LOCHMANN, Rebecca y CHEN, Ruguang. Effects of Carbohydrate-Rich Alternative Feedstuffs on Growth, Survival, Body Composition, Hematology, and Nonspecific Immune Response of Black Pacu, (*Colossoma macropomum*), and Red Pacu, (*Piaractus brachypomus*). Revista Científica Journal Of The World Aquaculture Society. [en line]. Vol. 40. No. 1 (2009): p. 6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2008.00232.x/abstract>>

1.00 g en peso corporal, lo que influye directamente en la reducción de los costos de producción y por ende una mayor rentabilidad económica para el productor.

6.5 SUPERVIVENCIA

La supervivencia obtenida durante toda la fase experimental fue del 100% para los tres tratamientos, resultados superiores a los reportados por Contreras y Canchila⁷⁸, quienes obtuvieron un porcentaje de supervivencia del 90.7% al sustituir 15% de harina de morera sobre el alimento balanceado en ejemplares de cachama blanca en fase de ceba. Los resultados de esta investigación coinciden con los reportados por Benavides y López⁷⁹ quienes al evaluar el efecto del biofloc en la producción de alevinos cachama blanca en condiciones de confinamiento, alimentados con concentrado comercial al 45%, y parámetros físico-químicos controlados, lograron supervivencias de 100%; además Casado *et al*⁸⁰; reportaron supervivencias del 100% al evaluar el crecimiento en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*).

Los altos resultados de supervivencia obtenidos en esta investigación, indican que la sustitución parcial de harina de morera en el alimento concentrado no afectó a esta variable. Estos resultados además, señalan que las condiciones experimentales manejadas en este ensayo fueron adecuadas para la especie, lo que coincide con lo reportado por Vicuña⁸¹, quien afirma que en la fase de alevinaje de Cachama blanca se puede lograr obtener una supervivencia del 95%, siempre y cuando las condiciones sean favorables; así mismo Brett, citado por Kapetsky y Nath⁸², mencionan que la disponibilidad de alimentos, la temperatura, y el oxígeno disuelto, afectan el desempeño productivo.

⁷⁸ CONTRERAS, J. y CANCHILA, A. Óp. cit., p. 6.

⁷⁹ BENAVIDES, L. y LÓPEZ, W. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Pasto, 2012. p. 78. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para Optar al título de Ingeniería en producción acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

⁸⁰ CASADO, Prysila. Evaluación del trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) (POACEAE) como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*). Libro en línea del Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. Vol. 18. No. 1-2. p. 96.

⁸¹ VICUÑA, Omar. *Piaractus brachypomus* (Cachama blanca) En: Peces nativos de agua dulce del sur de interés para acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Latino América. 2010. p. 141.

⁸² KAPETSKY, James y NATH, Shree. Una evaluación estratégica de la potencialidad para la piscicultura dulceacuícola en América Latina. En: anexo 3 – El modelo del crecimiento íctico. CÔPESCAL documento técnico en línea. No. 10. Roma, FAO. 1997. Fecha de consulta: 18 noviembre 2014. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/005/w5268s/W5268S09.htm#ch9>>

6.6 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

6.6.1 Temperatura. La temperatura en esta investigación se mantuvo en el rango adecuado (28.5 °C a 29°C) según lo recomendado por Gonzales y Heredia⁸³, quienes afirman que la Cachama blanca es considerada un pez de aguas cálidas, que alcanza su máximo desarrollo en temperaturas entre los 28 y 31°C. Al mismo tiempo Hargreaves⁸⁴, menciona que las temperaturas para especies tropicales deben estar entre 27 y 28°C, como una condición para el desarrollo ideal de las mismas.

6.6.2 Oxígeno disuelto. Para este estudio los niveles de oxígeno se mantuvieron en el rango adecuado (6.06 mg/L – 7.30 mg/L) según lo recomendado por Merino *et al*⁸⁵, quienes afirman que para el óptimo desarrollo de la cachama el contenido de oxígeno disuelto debe ser superior a 4.5 mg/L.

6.6.3 Potencial de Hidrogeno (pH). Según Rodríguez y Anzola⁸⁶, los extremos letales de pH para la población de peces, en condiciones de cultivo, está por debajo de 4 y por encima de 11, lo que indica que el rango de pH obtenido en este estudio (6.5 – 7.2), se encuentra dentro de los rangos permitidos descritos por estos autores, y por Argümedo y Rojas⁸⁷, quienes indican que el rango deseable para los cultivos esta entre 6.5 a 9.0.

6.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS

Los resultados del análisis nutritivo de la harina de morera mostraron valores de proteína cruda de 19.01%. Este valor está dentro del rango reportado por Sánchez⁸⁸, el cual oscila entre 15 y 28%, y es mayor al reportado por Roa *et al*⁸⁹ y el Laboratorio de bromatología de la Universidad de Caldas⁹⁰, quienes encontraron un porcentaje de proteína entre el 18% y 18.9% respectivamente.

Las variaciones encontradas en los valores nutricionales de la morera dependen de las condiciones de crecimiento, parte de la planta (hojas, tallo), y edad de las hojas, sin embargo de acuerdo con Calvache⁹¹, la morera es rica en proteína y su grasa es rica en ácidos grasos Omega-3, con bondades nutricionales.

⁸³ GONZALES, J. y HEREDIA, B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) Documento del Centro de investigaciones Pecuarias del Estado Guarico. p. 134.

⁸⁴ HARGREAVES, John. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. En: Revista Científica [en línea]: Aquacultural Engineering. Mayo, 2006. vol. 34. No. 3. p. 350.

⁸⁵ MERINO, María., *et al*. Óp. cit., pp.

⁸⁶ RODRÍGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo. Fundamentos de la Acuicultura Continental. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Diciembre, 2001. p. 54-55.

⁸⁷ ARGUMEDO, E y ROJAS H. Óp. cit., p. 45.

⁸⁸ SANCHEZ, M. Óp. cit., pp.

⁸⁹ CALVACHE, Iván. Óp. cit., p. 38

⁹⁰ *Ibid.*, p. 37

⁹¹ *Ibid.*, p. 15

El análisis bromatológico de los tratamientos 2 y 3, demuestra que el porcentaje de proteína de estas dietas es de 36.88% y 33.69%, respectivamente; valores que se encuentran dentro del rango requerido para el óptimo desarrollo de la especie en fase de alevinaje, sin embargo el tratamiento 3 a pesar de presentar un buen porcentaje de proteína, fue el tratamiento con el cual se obtuvo el menor incremento de peso, esto se puede deber a que fue la dieta con mayor porcentaje de inclusión de harina de morera y probablemente la sustitución a este nivel afecta el desarrollo productivo de alevinos de cachama blanca, debido a que según García *et al*⁹², los polifenoles totales, flavonoides, cumarinas y esteroides son los metabolitos presentes con mayor potencial toxicológico en la biomasa comestible de (*Morus alba*) y el porcentaje de fibra del tratamiento 3 (5.93%), afectó las variables de producción, ya que según López⁹³, una fracción alta de fibra en las dietas de peces ejerce una influencia negativa en la digestibilidad de los nutrientes y en la velocidad de absorción, siendo el máximo valor permitido 6%.

6.8 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

La relación beneficio costo obtenida en esta investigación para los tres tratamientos (T1= 3.01; T2= 3.27; T3= 3.80) son mayores a los obtenidos por Huacas y Velásquez⁹⁴, quienes al evaluar el efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio, durante un periodo de 45 días obtuvieron en el mejor de los casos una relación beneficio costo de 1.15. Así mismo Izquierdo y Salazar⁹⁵, al alimentar alevinos de cachama blanca con inclusiones del 10 al 30% de hidrolizado de vísceras, demostraron una mayor relación beneficio costo de 1.41 con el tratamiento 1: Alimento balanceado con 10% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.

En los tratamientos que incluyeron harina de morera el índice de beneficio-costo fue superior debido a que el costo de la harina de morera es relativamente bajo. Lo anteriormente expuesto es una ventaja debido a que el factor más costoso en la producción acuícola es la alimentación, esto corroborado por Gutiérrez *et al*⁹⁶, quienes mencionan que la proteína es uno de los más importantes nutrientes que

⁹² GARCÍA, D., *et al*. La morera una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. Citado por CONTRERAS, J. y CANCHILA, A. Óp. cit., p. 8.

⁹³ LÓPEZ. Óp. cit., p. 21.

⁹⁴ HUACAS, A. y VELÁSQUEZ, D. Efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, *cuvier 1818*) en condiciones de laboratorio. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Proyecto de Grado del programa de ingeniería en producción Acuícola. Pasto. Colombia.2013. p. 66.

⁹⁵ IZQUIERDO, C. y SALAZAR, D. Coeficientes de digestibilidad del hidrolizado de vísceras de cachama blanca, utilizado como fuente de proteína en la alimentación de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, *cuvier 1818*) mediante el método de óxido crómico Cr_2O_3 y acuarios metabólicos. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Proyecto de Grado del Programa de ingeniería en producción Acuícola. Pasto. Colombia.2013. p. 70.

⁹⁶ GUTIÉRREZ, *et al*. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, (*Colossoma macropomum*), alimentados con dietas isocalóricas. En: Revista científica peruana de biología. Agosto, 2010. Vol. 17. No. 2. p. 20.

afecta el rendimiento piscícola pero a su vez es uno de los componentes más costosos en la dieta.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La sustitución del 15% de harina de morera en el alimento concentrado es una alternativa para mantener buen crecimiento y supervivencia en alevinos de cachama blanca (*P. brachypomus*), aumentando la rentabilidad.

El tratamiento 2 (15% harina de morera, 85% concentrado comercial al 38% de proteína) permitió obtener iguales resultados estadísticos para el incremento de peso, ganancia de longitud, tasa de crecimiento específico y conversión alimenticia con respecto al tratamiento control, lo cual demuestra que la sustitución de morera a este nivel en dietas para alevinos de cachama permite obtener buenos índices productivos y de rentabilidad.

La supervivencia obtenida en esta investigación fue del 100% en todos los tratamientos, lo que evidencia que la sustitución de la harina de morera en el alimento balanceado utilizando los niveles de este ensayo, no afectan esta variable.

El análisis económico determinó mayor rentabilidad en los tratamientos que incluyeron harina de morera, especialmente el T3 (30% Harina de morera, 70% concentrado comercial al 38% de proteína) con la más alta relación beneficio costo respecto al tratamiento control.

7.2 RECOMENDACIONES

Sustituir el 15% de harina de morera en el alimento concentrado para la alimentación de cachama blanca en fase de alevinaje, debido a que se obtiene un desarrollo óptimo del pez y se aumenta la relación beneficio costo en un 8%.

En el momento de implementar un cultivo de morera se debe tener en cuenta que para lograr un mayor porcentaje de proteína en la harina es necesario realizar procesos de fertilización al suelo.

Realizar una investigación en campo manejando los mismos criterios de este ensayo con el objetivo de evaluar los resultados obtenidos.

Realizar estudios con diferentes porcentajes de sustitución de harina de morera en el alimento balanceado durante toda la fase productiva de la cachama blanca para determinar el comportamiento de las variables de producción.

Investigar sobre nuevas fuentes de nutrición para peces, que sean de bajo costo, fáciles de conseguir y que aporten al crecimiento óptimo de los animales.

8. BIBLIOGRAFIA

ALDANA, Julio. Evaluación de la harina de morera (*Morus alba*) en la dieta para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, 2006. p. 8. Proyecto de Grado (Ingeniero). Universidad EARTH.

ARGÚMEDO, E. y ROJAS, H. Manual de piscicultura con especies nativas. Documento en línea de la Asociación de Acuicultores del Caquetá, Florencia (Colombia): Grafimpresos, 2000. p. 90.

ARIAS, Juan., *et al.* Generalidades de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y la cachama negra (*Colossoma macropomum*). Nutrición General de Peces. Universidad Nacional de Colombia. 2013. p. 17.

ASTUTI, Dewi., *et al.* Energy and protein balance of Nile tilapia fed with moringa and mulberry leaves. Documento en línea del Departemen of Aquatic Product Technology. [en línea]. Vol. 15, No. 1 (2012); p. 71-77. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en:
<<http://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/viewFile/5337/3750>>

AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA. Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS. Febrero. 2014. p. 6, 12.

BALAN, Teresita y MARTÍNEZ, D. Uso de Microorganismos Eficientes (EM) en la Alimentación de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, Limón, Costa Rica. Universidad EARTH. Proyecto de grado para obtener el grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas e Ingeniero Agrónomo. 2007. p. 6.

BAUTISTA, Edgar., *et al.* Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*). En : Revista Científica. [en línea]. Vol. XV. No. 1 (2005); p. 33-39. [Revista científica en línea, consultada el 20 octubre 2015] Disponible en:
<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915106>>

BENAVIDES, L. y LÓPEZ, W. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Pasto, 2012. p. 78. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para Optar al título de Ingeniería en producción acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

CAP. Corporación Agropecuaria del Putumayo. La cachama: *Colossoma macropomun*. Cultivo en Estanques. Colombia. p. 153

CASADO, Prysila. Evaluación del trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) (POACEAE) como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*). Libro en línea del Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana. Vol. 18. No. 1-2. p. 96.

CIFUENTES, C. y SOHN, K. Manual Técnico de Sericultura. Citado por CALVACHE, Iván. Evaluación del contenido de ácidos grasos en la canal de conejos alimentados con morera (*Morus alba*). Bogotá, 2005. p. 20. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia.

COLOMBIA. SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Acuerdo de competitividad de la Cadena Piscícola en el Departamento de Nariño. Pasto: Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente, 2010. p. 24.

CONTRERAS, Jorge. Efecto sobre las variables técnicas en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) al sustituir ensilaje de víscera de pescado y morera en el alimento balanceado de ceiba. En : Revista científica. [en línea]. Vol.2, No.2 2011. p. 74-82. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en: <<http://mvz.unipaz.edu.co/citecsa/web>>

CORPOAMAZONÍA. Diagnóstico de piscicultura del municipio de Mocoa, departamento del Putumayo. Centro de documentación – CORPOAMAZONÍA. 2004. p. 26.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. CCI. Resultados encuesta nacional piscícola 2010B. [en línea] Bogotá, Colombia. Reportes de oferta agropecuaria. Sistema de información de la oferta agropecuaria [consultado 1 junio 2015]. Disponible en: <http://www.cci.org.co/oferta/ENCUESTA_PISCÍCOLA_2010B.pdf>

COSTA, M., *et al.* Brown seaweed meal to nile tilapia fingerlings. En : Revista científica Scielo. [en línea]. Vol. 62, No. 237 (2013); pp. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922013000100011>

DELGADO, Carlos., *et al.* Efecto de la sustitución de concentrado comercial por concentrado a base de harina de alevinos de mojarra (*Oreochromis sp*). En la producción de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Proyecto de grado en Momentos de Ciencia. [en línea]. Vol. 3. No. 1 (2006): p. 4. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/momentos-de-ciencia/article/view/123>>

DEZA, Sonia., *et al.* Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de (*Piaractus brachypomus*, cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de

Pucallpa. En: Folia Amazónica. [en línea]. Vol. 13. No. 1-2 (2002): p. 6. [Documento en línea consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: < <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL709.pdf>>

DÍAZ, Francisco y LÓPEZ, Ricardo. El cultivo de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y de la cachama negra *Colossoma macropomum*. Documento en línea; Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA)- Ministerio de Agricultura, 1993, p. 90.

ERAZO, Silvia y VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales). Ibarra-Ecuador; Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 2007. p. 26 [citado el 17 junio, 2012] Disponible en: <<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/116>>

FADUL, Mónica. Nutrición y alimentación de peces. En : Fundamentos de acuicultura continental. Documento en línea, Vol. 3. N°. 14 (ene.-jun. 1993); p. 149.

FRANCIS, George, *et al.* Dietary supplementation with a (*Quillaja saponin*) mixture improves growth performance and metabolic efficiency in common carp (*Cyprinus carpio* L.). En : Revisit Scientific Aquaculture. [en línea]. No. 203 (2002); p. 311-319. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/248340688_Dietary_supplementation_with_a_Quillaja_saponin_mixture_improve_growth_performance_and_metabolic_efficiency_in_common_carp_%28Cyprinus_carpio_L.%29>

GONZALES, J. y HEREDIA, B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) Documento del Centro de investigaciones Pecuarias del Estado Guarico. p. 134.

GONZALES, R. Fundamentos de acuicultura continental. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Colombia: Granfimpresos, 2002. p. 329.

GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M. y VÁSQUEZ-TORRES, W. Digestibilidad aparente de ingredientes de origen vegetal y animal en la cachama. Documento en línea del Instituto de Acuicultura. Meta. Universidad de los Llanos. 2013. pp.

GUTIÉRREZ., *et al.* Utilización de la proteína dietaría por alevinos de la gamitana, (*Colossoma macropomum*), alimentados con dietas isocalóricas. En: Revista científica peruana de biología. Agosto, 2010. Vol. 17. No. 2. p. 20.

GUTIÉRREZ, Gloria., *et al.* Efectos de extracto de algas marinas sobre parámetros productivos de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*): ensayos en laboratorio y a escala comercial. En : Revista Científica. [en línea]. Vol.13. No. 1 (2009): p. 6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89612776007>>

HARGREAVES, John. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. En: Revista Científica [en línea]: Aquacultural Engineering. Mayo, 2006. vol. 34. No. 3. p. 350.

HIGUERA, M. Nutrición en Acuicultura II. Diseños y métodos especiales de evaluación de dietas. J. A. Monteros y M. libro en línea de Labarta, editores. Madrid, España. 1996. p. 291.

HUACAS, A. y VELÁSQUEZ, D. Efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, *cuvier 1818*) en condiciones de laboratorio. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Proyecto de Grado del programa de ingeniería en producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2013. p. 66.

ISAGANI, P., *et al.* Dietary effect of (*Quillaja saponaria*) and/or (*Yucca schidigera*) extract on growth and survival of common carp (*Cyprinus carpio*), their antioxidant capacity and metabolic response to hypoxic condition. En: The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. [en línea]. Vol. 67. (2014); p. 1-4. [Documento en línea consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://cmsadmin.atp.co.il/Content_siamb/editor/67.2015.1165_Angeles.pdf>

IZQUIERDO, C. y SALAZAR, D. Coeficientes de digestibilidad del hidrolizado de vísceras de cachama blanca, utilizado como fuente de proteína en la alimentación de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, *cuvier 1818*) mediante el método de óxido crómico Cr₂O₃ y acuarios metabólicos. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Proyecto de Grado del Programa de ingeniería en producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2013. p. 70.

KAPETSKY, James y NATH, Shree. Una evaluación estratégica de la potencialidad para la piscicultura dulceacuícola en América Latina. En: anexo 3 – El modelo del crecimiento íctico. CÓPESCAL documento técnico en línea. No. 10. Roma, FAO. 1997. Fecha de consulta: 18 noviembre 2014. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/005/w5268s/W5268S09.htm#ch9>>

KEEMBIYEHETTY, C., *et al.* Performance of juvenile (*Oreochromis niloticus* L.) reared on diets containing cowpea, (*Vigna catianga*), and black gram, (*Phaseolus mungo*), seeds. *Revista Científica Acuacultura*. [en línea]. Vol. 112. No. 2-3 (1993); p. 207-212. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0044848693904466>>

LANDINES, Miguel y MOJICA, Hermes. Manejo y reproducción de carácidos. En: *Reproducción de peces en el trópico*. 2005. p. 246.

LOCHMANN, Rebecca y CHEN, Ruguang. Effects of Carbohydrate-Rich Alternative Feedstuffs on Growth, Survival, Body Composition, Hematology, and Nonspecific Immune Response of Black Pacu, (*Colossoma macropomum*), and Red Pacu, (*Piaractus brachypomus*). *Revista Científica Journal Of The World Aquaculture Society*. [en line]. Vol. 40. No. 1 (2009): p. 6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2008.00232.x/abstract>>

LÓPEZ, Jorge., *et al.* Nutrición Acuícola. Evaluación de inmuno estimulantes en las fases de levante y cebade trucha arcoíris (*O. mykiss*) cultivada en jaulas flotantes en el Lago Guamuéz. Documento en línea de la Vicerrectoría de Investigaciones Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6.

LÓPEZ-MACIAS, Jorge. Nutrición Acuícola. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. p. 32.

LOVELL, R. Requerimiento Vitamínico de los Peces. *Revista Científica* [en línea]: *Nutrición en Acuicultura*. Vol. 2, N°. 9 (jun.-dic. 1987); p. 122.

MAHDAVI, M., *et al.* Effect of Aloe vera Extract on Growth Parameters of Common Carp (*Cyprinus carpio*). En: *Revisit scientific World Journal of Medical Sciences*. [en línea]. Vol. 9, No. 1 (2013); p. 55-58. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <[http://idosi.org/wjms/9\(1\)13/9.pdf](http://idosi.org/wjms/9(1)13/9.pdf)>

MARTÍNEZ, Eduardo. Diseño de alimento para peces. Segundo Seminario Nacional. Presente y Futuro de la Acuicultura en Colombia. 1990. p. 98.

MERINO, María., *et al.* Guía práctica Acuicultura en Colombia. Bogotá, DC. INCODER 2006. pp.

MESA, Martha y BOTERO, Mónica. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. En: *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. [en línea]. Vol. 20, No. 1 (2009); p. 2. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en:

<[MÉXICO. ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE DESARROLLO PESQUERO \(OLDEPESCA\). Estudio sobre los efectos del cambio climático en las especies acuícolas más importantes de la región. San Francisco de Campeche :Memorias de la XXI Conferencia de Ministros. Agosto, 2010. p. 46.](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/26.></p></div><div data-bbox=)

MORILLO, M., *et al.* Alimentación de alevines de (*Colossoma macropomum*) con dietas a base de (*Erythrina edulis*) y soya. Revista científica Interciencia. [en línea]. Vol. 38. No. 2 (2013): p. 125. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <www.interciencia.org/v38_02/121.pdf>

MURILLO, P., *et al.* Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. [en línea] Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [consultado 1 junio de 2015]. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Murillo.pdf>

NIKOLSKY, G. The ecology of fishes. (Trad. del Ruso por L. Birkett.). Academic Press, Londres. 1968. p. 132.

OLVERA, M., *et al.* Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrates as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Revista Científica Aquaculture. [en línea]. Vol. 158. No. 1-2 (1997); p. 107-115. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848697001713>>

PALACIOS, Pedro y CEBALLOS, Leonel. Seguimiento del desarrollo post-larvario del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) en un estanque excavado en la Estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico de Corpoamazonía, Mocoa, Departamento del Putumayo, Colombia. Documento en línea del Centro Experimental Amazónico, 2011. p. 4.

PINZON, Omar y PEDRAZA, Y. Evaluación del efecto del uso de bloques multi-nutricionales basados en morera sobre los parámetros productivos de conejos. Nueva Zelanda . Tunja, Colombia. Universidad Nacional y a distancia UNAD. Proyecto de grado para obtener el grado de Zootecnista. 2014. p. 76.

RODRÍGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo. Fundamentos de la Acuicultura Continental. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Diciembre, 2001. p. 54-55.

RODRIGUEZ, N. Evaluación del crecimiento de juveniles de “chivo cabezón” (*Ariopsis bonillai*) (Miles, 1945) utilizando dos prebióticos comerciales bajo condiciones de laboratorio. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Facultad de ciencias agropecuarias. Santa fe de Bogotá. 2005. p. 31

ROSAS, Ariel y MALDONADO, Marlen. Cambios morfométricos hepáticos en cachamas blancas (*Piaractus brachypomus*) alimentadas con morera (*Morus alba*) y ensilaje de pescado. En : Revista CITECSA. [en línea]. Vol. 4, No. 6 (2013); p. 1-9. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en: <http://www.academia.edu/9611034/Cambios_morfom%C3%A9tricos_hep%C3%A1ticos_en_cachamas_blancas_Piaractus_brachypomus_alimentadas_con_morera_Morus_alba_y_ensilaje_de_pescado>

RUIZ, Jorge. Viabilidad del uso de tres insumos vegetales y del ensilado biológico de pescado en dietas para alevinos de gamitana, (*Colossoma macropomum*) (Cuvier 1818), criados en jaulas, en la localidad de el estrecho, río Putumayo, Perú. Documento en línea de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de ciencias biológicas. Escuela de formación profesional de biología. IQUITOS. Perú. 2013. p. 184-189. Disponible en: <<http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/271/1/Tesis%20Jorge%20Ulises%20Ruiz%20Contreras.pdf>>

SAAVEDRA, María. Manejo del cultivo de Tilapia. Managua : Coastal Resources Center, 2006. p.13-14.

SAEZ, P. utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupino albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). [en línea] Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en ciencias de la acuicultura. Chile. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Escuela de acuicultura. 2003. [citado 3 de junio., 2015] Disponible en: <<http://biblioteca.uct.cl/tesis/tesis-patricio-saez.pdf>>

SANCHEZ, M. Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente. Citado por Gonzáles, D. y Gonzáles, C. Jugo de caña y follajes arbóreos en la alimentación no convencional del cerdo. En : Revista computarizada de Producción Porcina. Vol. 11, No. 3 (2004); p. 33.

SANTAMARÍA, Sandra. Nutrición y alimentación en peces nativos. Monografía. Documento en línea de la Universidad Nacional abierta y a distancia “UNAD”. Ecapma. Zootecnia. 2014. p. 117.

SHAYO, C. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of Central Tanzania. En : Tropical Grassland. [en línea]. Vol. 31, 1997. p. 599-604. [consultado 3 marzo 2014]. Disponible en:

<http://tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Historic/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_31_1997/Vol_31_06_97_pp599_604.pdf>

SHEIKHLAR, A., *et al.* White Mulberry (*Morus alba*) Foliage Methanolic Extract Can Alleviate (*Aeromonas hydrophila*) Infection in African Catfish (*Clarias gariepinus*). En : Revisit Scientific World Journal. [en línea]. (2014): p. 1-6. [consultado 20 octubre 2015]. Disponible en:
<[http://www.researchgate.net/publication/269398175_White_Mulberry_\(Morus_alba\)_Foliage_Methanolic_Extract_Can_Alleviate_Aeromonas_hydrophila_Infection_in_African_Catfish_\(Clarias_gariepinus\)](http://www.researchgate.net/publication/269398175_White_Mulberry_(Morus_alba)_Foliage_Methanolic_Extract_Can_Alleviate_Aeromonas_hydrophila_Infection_in_African_Catfish_(Clarias_gariepinus))>

SOLER-JARAMILLO, M. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Documento en línea del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogotá, Colombia. 1996. p. 48.

VÁSQUEZ-TORRES, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de los peces. Recursos de nutrientes. Usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio, Colombia: documento en línea de la Universidad de los Llanos, 2004. p. 70.

VELÁSQUEZ, M., *et al.* El forraje de morera (*Morus alba* sp.) como suplemento en dietas de ensilado de sorgo. Citado por ALDANA, Julio. Evaluación de la harina de morera (*Morus alba*) en la dieta para la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Guácimo, 2006. p. 8. Proyecto de Grado (Ingeniero). Universidad EARTH.

VICUÑA, Omar. *Piaractus brachipomus* (Cachama blanca) En: Peces nativos de agua dulce del sur de interés para acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Latino América. 2010. p. 141.

ZAMORA, S y ECHAVARRIA, G. Los Carbohidratos en la Nutrición de Peces. Documento en línea: Nutrición Acuícola, 1993. p. 75.

9. ANEXOS

Anexo A. Muestreo de peso y longitud de cada tratamiento

Tratamiento	Réplica	Semana	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
1	1	1	1	3,8	5,9
1	1	1	2	3,7	6,1
1	1	1	3	5,0	6,6
1	1	1	4	3,7	5,6
1	1	1	5	4,3	6,1
1	1	1	6	4,2	6,4
1	1	1	7	3,1	5,5
1	1	1	8	4,5	6,2
1	1	1	9	3,5	5,3
1	1	1	10	3,3	5,5
1	1	2	1	6,6	6,3
1	1	2	2	4,9	6,4
1	1	2	3	5,0	6,4
1	1	2	4	5,0	6,3
1	1	2	5	4,8	6,5
1	1	2	6	6,0	6,0
1	1	2	7	6,3	6,5
1	1	2	8	4,7	6,4
1	1	2	9	5,2	6,5
1	1	2	10	4,8	6,2
1	1	3	1	6,4	6,9
1	1	3	2	8,1	7,6
1	1	3	3	7,4	7,1
1	1	3	4	6,3	6,9
1	1	3	5	6,5	7,0
1	1	3	6	7,0	7,2
1	1	3	7	6,5	6,9
1	1	3	8	8,2	7,3
1	1	3	9	7,9	7,5
1	1	3	10	6,8	7,0
1	1	4	1	8,5	7,7
1	1	4	2	10,3	9,1
1	1	4	3	9,4	7,9
1	1	4	4	8,8	7,1
1	1	4	5	10,3	8,7

Anexo A. (Continuación)

1	1	4	6	9,0	8,0
1	1	4	7	8,9	7,9
1	1	4	8	8,6	8,0
1	1	4	9	9,0	8,1
1	1	4	10	10,0	8,5
1	1	5	1	12,9	9,6
1	1	5	2	11,7	9,6
1	1	5	3	12,5	10,2
1	1	5	4	11,5	9,4
1	1	5	5	12,9	9,9
1	1	5	6	11,0	9,2
1	1	5	7	11,9	10,0
1	1	5	8	12,6	9,6
1	1	5	9	13,0	10,5
1	1	5	10	12,1	9,5
1	1	6	1	17,0	12,8
1	1	6	2	16,0	12,8
1	1	6	3	16,8	12,4
1	1	6	4	16,1	12,6
1	1	6	5	17,2	13,2
1	1	6	6	15,3	12,8
1	1	6	7	16,2	13,3
1	1	6	8	17,0	12,9
1	1	6	9	17,3	13,1
1	1	6	10	16,4	13,4
1	2	1	1	4,3	6,0
1	2	1	2	5,0	5,9
1	2	1	3	3,5	5,7
1	2	1	4	3,7	5,9
1	2	1	5	3,3	6,1
1	2	1	6	3,8	5,4
1	2	1	7	3,0	5,7
1	2	1	8	3,1	5,6
1	2	1	9	4,2	6,1
1	2	1	10	5,0	6,6
1	2	2	1	4,9	6,4
1	2	2	2	6,6	6,5
1	2	2	3	4,7	6,2
1	2	2	4	5,8	6,0

Anexo A. (Continuación)

1	2	2	5	6,3	6,8
1	2	2	6	5,4	6,3
1	2	2	7	4,8	6,0
1	2	2	8	5,2	6,4
1	2	2	9	5,0	6,2
1	2	2	10	4,7	6,6
1	2	3	1	8,2	7,9
1	2	3	2	7,0	7,6
1	2	3	3	6,6	6,9
1	2	3	4	6,5	6,6
1	2	3	5	6,3	7,0
1	2	3	6	7,9	7,0
1	2	3	7	6,5	6,6
1	2	3	8	6,8	7,1
1	2	3	9	8,1	7,7
1	2	3	10	7,4	6,9
1	2	4	1	8,5	7,9
1	2	4	2	8,8	7,8
1	2	4	3	9,4	8,2
1	2	4	4	10,3	9,0
1	2	4	5	9,4	7,0
1	2	4	6	9,0	8,1
1	2	4	7	10,0	7,0
1	2	4	8	8,9	8,0
1	2	4	9	10,0	9,0
1	2	4	10	8,6	8,0
1	2	5	1	12,1	9,6
1	2	5	2	12,6	9,5
1	2	5	3	11,0	9,0
1	2	5	4	13,0	10,7
1	2	5	5	12,5	10,0
1	2	5	6	11,9	9,9
1	2	5	7	12,7	10,0
1	2	5	8	12,0	9,7
1	2	5	9	11,5	9,5
1	2	5	10	12,7	9,7
1	2	6	1	16,0	12,5
1	2	6	2	15,0	12,7

Anexo A. (Continuación)

1	2	6	3	17,3	13,7
1	2	6	4	15,6	12,0
1	2	6	5	16,9	12,5
1	2	6	6	16,2	12,4
1	2	6	7	17,0	13,4
1	2	6	8	17,2	13,8
1	2	6	9	17,3	13,9
1	2	6	10	16,8	12,3
1	3	1	1	3,8	5,5
1	3	1	2	4,5	6,2
1	3	1	3	4,3	6,2
1	3	1	4	3,5	6,0
1	3	1	5	3,0	5,4
1	3	1	6	3,8	5,6
1	3	1	7	4,3	6,2
1	3	1	8	3,3	5,8
1	3	1	9	5,0	6,5
1	3	1	10	3,6	5,7
1	3	2	1	6,3	6,7
1	3	2	2	4,9	6,2
1	3	2	3	4,8	6,4
1	3	2	4	5,0	6,4
1	3	2	5	6,6	6,4
1	3	2	6	4,8	6,0
1	3	2	7	5,2	6,0
1	3	2	8	5,2	6,4
1	3	2	9	4,7	6,3
1	3	2	10	5,8	6,5
1	3	3	1	7,0	7,1
1	3	3	2	7,9	7,3
1	3	3	3	6,4	7,1
1	3	3	4	6,8	7,0
1	3	3	5	6,4	7,0
1	3	3	6	8,2	7,5
1	3	3	7	6,6	7,5
1	3	3	8	8,1	7,0
1	3	3	9	6,3	7,0
1	3	3	10	7,4	6,8
1	3	4	1	10,3	8,7
1	3	4	2	10,3	8,5

Anexo A. (Continuación)

1	3	4	3	8,8	7,2
1	3	4	4	8,9	8,0
1	3	4	5	9,4	8,0
1	3	4	6	8,5	7,7
1	3	4	7	8,6	7,6
1	3	4	8	8,9	8,3
1	3	4	9	9,0	7,9
1	3	4	10	10,2	9,1
1	3	5	1	11,7	9,6
1	3	5	2	11,1	9,4
1	3	5	3	13,0	10,3
1	3	5	4	11,3	9,4
1	3	5	5	12,6	10,0
1	3	5	6	11,9	9,3
1	3	5	7	12,5	9,8
1	3	5	8	12,9	10,2
1	3	5	9	13,0	10,0
1	3	5	10	12,1	9,5
1	3	6	1	16,4	13,4
1	3	6	2	16,9	12,3
1	3	6	3	15,2	12,9
1	3	6	4	17,3	13,0
1	3	6	5	16,8	12,5
1	3	6	6	16,0	13,0
1	3	6	7	17,2	13,5
1	3	6	8	16,7	12,5
1	3	6	9	15,8	12,9
1	3	6	10	17,0	13,2
2	1	1	1	3,0	4,5
2	1	1	2	4,3	6,1
2	1	1	3	3,5	5,9
2	1	1	4	3,8	6,0
2	1	1	5	3,7	5,8
2	1	1	6	4,3	6,4
2	1	1	7	5,0	6,5
2	1	1	8	4,4	6,4
2	1	1	9	3,8	5,8
2	1	1	10	3,1	5,6
2	1	2	1	5,9	5,8

Anexo A. (Continuación)

2	1	2	2	5,7	6,3
2	1	2	3	5,5	6,5
2	1	2	4	4,5	6,4
2	1	2	5	4,8	6,3
2	1	2	6	6,5	7,0
2	1	2	7	5,0	6,4
2	1	2	8	6,3	6,4
2	1	2	9	5,1	6,1
2	1	2	10	4,0	6,2
2	1	3	1	7,5	7,1
2	1	3	2	6,9	6,9
2	1	3	3	8,3	7,8
2	1	3	4	6,6	6,8
2	1	3	5	7,1	7,4
2	1	3	6	6,5	6,9
2	1	3	7	8,0	7,4
2	1	3	8	6,5	7,2
2	1	3	9	7,2	6,9
2	1	3	10	6,5	6,9
2	1	4	1	10,4	9,0
2	1	4	2	8,5	7,7
2	1	4	3	8,7	7,4
2	1	4	4	9,2	8,4
2	1	4	5	10,3	8,4
2	1	4	6	9,8	8,5
2	1	4	7	8,5	7,9
2	1	4	8	9,4	8,5
2	1	4	9	8,9	7,1
2	1	4	10	9,0	8,0
2	1	5	1	12,5	9,8
2	1	5	2	12,6	9,5
2	1	5	3	13,0	10,0
2	1	5	4	11,2	9,4
2	1	5	5	12,0	9,7
2	1	5	6	11,8	9,7
2	1	5	7	12,4	10,0
2	1	5	8	12,6	9,9
2	1	5	9	11,9	9,7
2	1	5	10	12,0	9,7

Anexo A. (Continuación)

2	1	6	1	17,1	13,4
2	1	6	2	15,5	12,3
2	1	6	3	16,0	12,3
2	1	6	4	17,5	13,2
2	1	6	5	16,2	12,6
2	1	6	6	15,7	12,5
2	1	6	7	17,4	13,6
2	1	6	8	16,7	13,4
2	1	6	9	16,2	12,5
2	1	6	10	17,0	13,4
2	2	1	1	3,0	5,5
2	2	1	2	3,5	5,7
2	2	1	3	3,8	5,9
2	2	1	4	4,6	6,3
2	2	1	5	3,2	5,5
2	2	1	6	5,0	6,5
2	2	1	7	4,4	6,0
2	2	1	8	4,5	6,2
2	2	1	9	3,8	5,8
2	2	1	10	3,2	5,8
2	2	2	1	5,0	6,5
2	2	2	2	6,6	6,3
2	2	2	3	6,0	6,1
2	2	2	4	5,2	6,5
2	2	2	5	4,6	6,3
2	2	2	6	5,5	6,3
2	2	2	7	5,8	5,9
2	2	2	8	4,6	6,3
2	2	2	9	5,0	6,6
2	2	2	10	4,9	6,5
2	2	3	1	7,1	7,2
2	2	3	2	7,5	7,7
2	2	3	3	6,5	6,8
2	2	3	4	6,9	7,0
2	2	3	5	6,5	7,0
2	2	3	6	8,0	7,4
2	2	3	7	6,6	7,3
2	2	3	8	6,5	6,9
2	2	3	9	7,2	6,8

Anexo A. (Continuación)

2	2	3	10	8,3	7,1
2	2	4	1	10,5	9,0
2	2	4	2	8,5	7,5
2	2	4	3	8,9	7,3
2	2	4	4	8,7	7,4
2	2	4	5	9,0	8,2
2	2	4	6	10,1	8,5
2	2	4	7	8,4	7,5
2	2	4	8	9,4	8,5
2	2	4	9	9,8	8,6
2	2	4	10	9,3	8,3
2	2	5	1	12,4	9,6
2	2	5	2	11,5	9,6
2	2	5	3	12,5	9,9
2	2	5	4	12,0	9,5
2	2	5	5	12,6	10,0
2	2	5	6	11,3	9,3
2	2	5	7	13,2	10,1
2	2	5	8	12,9	9,8
2	2	5	9	12,0	9,8
2	2	5	10	11,8	9,7
2	2	6	1	16,2	12,9
2	2	6	2	17,1	13,0
2	2	6	3	15,9	12,8
2	2	6	4	16,9	12,4
2	2	6	5	16,0	12,6
2	2	6	6	17,0	12,8
2	2	6	7	16,2	13,0
2	2	6	8	17,3	13,2
2	2	6	9	17,0	13,6
2	2	6	10	15,6	12,8
2	3	1	1	3,1	5,8
2	3	1	2	4,5	6,2
2	3	1	3	3,7	5,8
2	3	1	4	4,9	6,0
2	3	1	5	3,8	5,4
2	3	1	6	3,5	5,6
2	3	1	7	3,1	6,2
2	3	1	8	4,3	6,4

Anexo A. (Continuación)

2	3	1	9	3,5	5,3
2	3	1	10	4,5	6,3
2	3	2	1	6,3	6,7
2	3	2	2	4,9	6,5
2	3	2	3	5,8	6,0
2	3	2	4	5,0	6,3
2	3	2	5	6,0	6,5
2	3	2	6	5,5	6,4
2	3	2	7	5,0	6,0
2	3	2	8	4,3	6,3
2	3	2	9	4,6	6,2
2	3	2	10	5,9	6,4
2	3	3	1	7,3	7,2
2	3	3	2	6,5	7,0
2	3	3	3	8,0	7,0
2	3	3	4	6,4	7,4
2	3	3	5	6,5	6,6
2	3	3	6	6,6	7,0
2	3	3	7	7,5	7,4
2	3	3	8	7,3	7,0
2	3	3	9	8,2	7,8
2	3	3	10	6,9	6,9
2	3	4	1	9,8	8,1
2	3	4	2	10,4	8,3
2	3	4	3	8,6	7,4
2	3	4	4	9,0	8,0
2	3	4	5	10,1	7,5
2	3	4	6	8,7	8,2
2	3	4	7	9,3	8,0
2	3	4	8	8,8	8,0
2	3	4	9	8,9	7,9
2	3	4	10	9,1	8,4
2	3	5	1	12,4	9,8
2	3	5	2	11,8	9,9
2	3	5	3	12,9	9,8
2	3	5	4	11,7	9,7
2	3	5	5	11,0	9,4
2	3	5	6	13,0	10,0
2	3	5	7	12,9	9,9

Anexo A. (Continuación)

2	3	5	8	12,0	9,8
2	3	5	9	12,5	10,0
2	3	5	10	12,0	9,5
2	3	6	1	16,2	12,8
2	3	6	2	16,9	13,0
2	3	6	3	17,0	12,0
2	3	6	4	16,2	12,4
2	3	6	5	17,1	13,0
2	3	6	6	16,2	13,6
2	3	6	7	15,7	13,6
2	3	6	8	16,0	12,1
2	3	6	9	16,8	13,0
2	3	6	10	17,2	13,6
3	1	1	1	2,9	5,6
3	1	1	2	3,5	5,9
3	1	1	3	3,2	6,0
3	1	1	4	2,9	4,5
3	1	1	5	4,8	6,0
3	1	1	6	3,5	5,4
3	1	1	7	3,0	5,5
3	1	1	8	4,5	5,8
3	1	1	9	2,9	5,5
3	1	1	10	3,2	5,6
3	1	2	1	4,2	6,1
3	1	2	2	2,9	5,7
3	1	2	3	3,0	5,8
3	1	2	4	3,5	5,9
3	1	2	5	5,0	6,4
3	1	2	6	3,2	6,1
3	1	2	7	5,0	6,3
3	1	2	8	3,0	5,8
3	1	2	9	4,7	6,3
3	1	2	10	4,0	5,9
3	1	3	1	3,8	6,2
3	1	3	2	4,2	6,3
3	1	3	3	6,0	6,4
3	1	3	4	5,0	6,6
3	1	3	5	5,7	6,7
3	1	3	6	5,0	6,5

Anexo A. (Continuación)

3	1	3	7	5,5	6,6
3	1	3	8	4,6	6,1
3	1	3	9	4,4	6,4
3	1	3	10	5,0	6,6
3	1	4	1	6,3	7,2
3	1	4	2	7,4	7,4
3	1	4	3	6,0	7,0
3	1	4	4	5,9	6,8
3	1	4	5	6,7	6,8
3	1	4	6	5,5	6,8
3	1	4	7	6,0	6,8
3	1	4	8	5,9	7,0
3	1	4	9	5,6	6,8
3	1	4	10	7,0	7,2
3	1	5	1	8,9	7,0
3	1	5	2	9,2	8,4
3	1	5	3	8,1	7,2
3	1	5	4	7,7	7,5
3	1	5	5	8,5	7,7
3	1	5	6	9,6	8,7
3	1	5	7	8,2	9,0
3	1	5	8	8,2	7,5
3	1	5	9	8,1	7,2
3	1	5	10	7,8	7,5
3	1	6	1	11,0	9,8
3	1	6	2	11,5	9,4
3	1	6	3	11,9	10
3	1	6	4	12,3	9,5
3	1	6	5	12,4	9,7
3	1	6	6	11,2	9,7
3	1	6	7	12,6	9,5
3	1	6	8	13,0	9,8
3	1	6	9	11,6	9,6
3	1	6	10	12,9	9,5
3	2	1	1	3,0	5,9
3	2	1	2	3,2	5,6
3	2	1	3	4,8	6,4
3	2	1	4	2,9	4,3
3	2	1	5	4,4	6,2

Anexo A. (Continuación)

3	2	1	6	2,9	5,4
3	2	1	7	3,5	5,5
3	2	1	8	3,2	5,2
3	2	1	9	2,9	5,4
3	2	1	10	3,5	5,8
3	2	2	1	3,0	5,8
3	2	2	2	4,8	6,4
3	2	2	3	5,0	6,3
3	2	2	4	4,2	6,6
3	2	2	5	3,5	5,7
3	2	2	6	4,0	6,1
3	2	2	7	3,0	5,8
3	2	2	8	3,0	5,6
3	2	2	9	5,0	6,0
3	2	2	10	3,2	6,0
3	2	3	1	5,0	6,5
3	2	3	2	4,7	6,0
3	2	3	3	5,5	6,4
3	2	3	4	5,0	6,2
3	2	3	5	3,6	6,0
3	2	3	6	4,2	6,4
3	2	3	7	5,5	6,9
3	2	3	8	4,9	6,8
3	2	3	9	5,4	6,6
3	2	3	10	5,3	6,6
3	2	4	1	5,6	6,4
3	2	4	2	5,9	6,9
3	2	4	3	6,3	7,1
3	2	4	4	7,0	7,5
3	2	4	5	7,5	7,3
3	2	4	6	6,0	6,9
3	2	4	7	5,6	6,9
3	2	4	8	5,9	7,0
3	2	4	9	5,9	6,8
3	2	4	10	6,7	7,1
3	2	5	1	8,4	7,5
3	2	5	2	9,2	8,4
3	2	5	3	8,0	7,3
3	2	5	4	7,8	7,5

Anexo A. (Continuación)

3	2	5	5	8,9	7,2
3	2	5	6	8,2	7,7
3	2	5	7	9,5	9,0
3	2	5	8	8,1	7,6
3	2	5	9	7,6	7,8
3	2	5	10	8,5	7,7
3	2	6	1	12,3	9,8
3	2	6	2	13,1	9,7
3	2	6	3	11,6	9,5
3	2	6	4	12,5	9,7
3	2	6	5	11,2	9,8
3	2	6	6	13,4	10
3	2	6	7	11,0	9,5
3	2	6	8	12,6	9,8
3	2	6	9	11,2	9,7
3	2	6	10	11,5	8,9
3	3	1	1	4,0	6,0
3	3	1	2	2,9	5,5
3	3	1	3	3,2	6,0
3	3	1	4	3,0	5,7
3	3	1	5	2,9	5,0
3	3	1	6	3,2	5,6
3	3	1	7	4,5	5,5
3	3	1	8	3,0	5,9
3	3	1	9	4,8	5,0
3	3	1	10	2,9	5,6
3	3	2	1	3,0	5,8
3	3	2	2	3,2	6,0
3	3	2	3	2,9	6,0
3	3	2	4	5,0	6,6
3	3	2	5	4,7	6,3
3	3	2	6	3,5	5,3
3	3	2	7	3,0	5,7
3	3	2	8	5,0	6,4
3	3	2	9	4,2	6,0
3	3	2	10	4,0	6,3
3	3	3	1	5,0	6,5
3	3	3	2	4,4	6,3
3	3	3	3	4,5	6,1

Anexo A. (Continuación)

3	3	3	4	5,3	6,6
3	3	3	5	5,2	6,5
3	3	3	6	5,4	7,2
3	3	3	7	5,0	6,5
3	3	3	8	5,0	6,5
3	3	3	9	5,6	6,1
3	3	3	10	3,7	6,0
3	3	4	1	6,0	7,0
3	3	4	2	6,0	6,8
3	3	4	3	5,6	6,5
3	3	4	4	5,9	7,0
3	3	4	5	6,7	7,3
3	3	4	6	6,4	7,2
3	3	4	7	5,5	6,4
3	3	4	8	5,9	7,1
3	3	4	9	7,0	7,1
3	3	4	10	7,4	7,5
3	3	5	1	7,8	7,7
3	3	5	2	7,8	7,5
3	3	5	3	8,0	7,6
3	3	5	4	8,1	7,8
3	3	5	5	8,9	7,9
3	3	5	6	9,7	8,2
3	3	5	7	8,4	7,0
3	3	5	8	9,2	8,4
3	3	5	9	8,2	7,9
3	3	5	10	8,1	7,6
3	3	6	1	11,2	9,6
3	3	6	2	12,6	9,8
3	3	6	3	11,6	9,4
3	3	6	4	11,5	9,0
3	3	6	5	13,5	10,0
3	3	6	6	11,1	9,8
3	3	6	7	12,3	9,8
3	3	6	8	11,9	9,5
3	3	6	9	11,5	9,7
3	3	6	10	13,0	9,9

Anexo B. Registro de temperatura (°C) promedio diaria

DÍA	T1			T2			T3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50	28,50
2	28,70	28,70	28,70	28,75	28,75	28,75	28,70	28,70	28,70
3	28,90	28,90	28,90	29,00	29,00	29,00	28,90	28,90	28,90
4	28,92	28,92	28,92	28,96	28,96	28,96	28,88	28,88	28,88
5	29,00	29,00	29,00	28,99	28,99	28,99	28,95	28,95	28,95
6	29,00	29,00	29,00	28,87	28,87	28,87	28,97	28,97	28,97
7	28,90	28,90	28,90	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00
8	28,88	28,88	28,88	28,98	28,98	28,98	28,90	28,90	28,90
9	28,95	28,95	28,95	28,96	28,96	28,96	28,92	28,92	28,92
10	28,97	28,97	28,97	28,99	28,99	28,99	29,00	29,00	29,00
11	29,00	29,00	29,00	28,88	28,88	28,88	29,00	29,00	29,00
12	29,00	29,00	29,00	28,95	28,95	28,95	28,98	28,98	28,98
13	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	29,00	29,00	29,00
14	28,96	28,96	28,96	28,88	28,88	28,88	28,96	28,96	28,96
15	28,99	28,99	28,99	29,00	29,00	29,00	28,99	28,99	28,99
16	28,87	28,87	28,87	28,90	28,90	28,90	28,87	28,87	28,87
17	28,88	28,88	28,88	28,90	28,90	28,90	28,95	28,95	28,95
18	28,95	28,95	28,95	28,92	28,92	28,92	28,97	28,97	28,97
19	28,90	28,90	28,90	28,95	28,95	28,95	29,00	29,00	29,00
20	28,99	28,99	28,99	28,97	28,97	28,97	29,00	29,00	29,00
21	28,88	28,88	28,88	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90	28,90
22	28,95	28,95	28,95	28,88	28,88	28,88	28,96	28,96	28,96
23	28,90	28,90	28,90	28,99	28,99	28,99	28,99	28,99	28,99
24	28,88	28,88	28,88	28,88	28,88	28,88	28,90	28,90	28,90
25	28,92	28,92	28,92	28,95	28,95	28,95	28,90	28,90	28,90
26	28,95	28,95	28,95	28,90	28,90	28,90	28,92	28,92	28,92
27	28,97	28,97	28,97	28,88	28,88	28,88	28,95	28,95	28,95
28	28,90	28,90	28,90	28,99	28,99	28,99	28,90	28,90	28,90
29	28,92	28,92	28,92	28,87	28,87	28,87	28,96	28,96	28,96
30	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	28,99	28,99	28,99
31	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	28,87	28,87	28,87
32	28,92	28,92	28,92	28,98	28,98	28,98	28,88	28,88	28,88
33	28,95	28,95	28,95	29,00	29,00	29,00	28,99	28,99	28,99
34	28,97	28,97	28,97	28,96	28,96	28,96	28,88	28,88	28,88
35	28,90	28,90	28,90	28,95	28,95	28,95	28,95	28,95	28,95
36	28,88	28,88	28,88	28,97	28,97	28,97	28,90	28,90	28,90
37	28,99	28,99	28,99	28,90	28,90	28,90	28,88	28,88	28,88
38	28,95	28,95	28,95	28,88	28,88	28,88	28,92	28,92	28,92
39	28,90	28,90	28,90	28,98	28,98	28,98	28,95	28,95	28,95
40	28,88	28,88	28,88	29,00	29,00	29,00	28,97	28,97	28,97
41	29,00	29,00	29,00	28,96	28,96	28,96	28,90	28,90	28,90
42	28,97	28,97	28,97	28,90	28,90	28,90	28,87	28,87	28,87
PROMEDIO	28,92	28,92	28,92	28,93	28,93	28,93	28,92	28,92	28,92

Anexo C. Registro de pH promedio diario

DÍA	T1			T2			T3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	6,91	6,91	6,91	7,10	7,10	7,10	7,00	7,00	7,00
2	6,83	6,83	6,83	7,10	7,10	7,10	6,96	6,96	6,96
3	6,70	6,70	6,70	7,08	7,08	7,08	6,91	6,91	6,91
4	6,73	6,73	6,73	7,01	7,01	7,01	6,90	6,90	6,90
5	6,69	6,69	6,69	7,00	7,00	7,00	6,86	6,86	6,86
6	6,60	6,60	6,60	7,00	7,00	7,00	6,81	6,81	6,81
7	6,58	6,58	6,58	6,91	6,91	6,91	6,77	6,77	6,77
8	6,60	6,60	6,60	6,90	6,90	6,90	6,70	6,70	6,70
9	6,57	6,57	6,57	6,82	6,82	6,82	6,66	6,66	6,66
10	6,60	6,60	6,60	6,73	6,73	6,73	6,61	6,61	6,61
11	6,58	6,58	6,58	6,69	6,69	6,69	6,57	6,57	6,57
12	6,55	6,55	6,55	6,60	6,60	6,60	6,53	6,53	6,53
13	6,50	6,50	6,50	6,55	6,55	6,55	6,51	6,51	6,51
14	6,51	6,51	6,51	6,54	6,54	6,54	6,51	6,51	6,51
15	6,50	6,50	6,50	6,51	6,51	6,51	6,50	6,50	6,50
16	6,87	6,87	6,87	6,90	6,90	6,90	7,00	7,00	7,00
17	6,75	6,75	6,75	6,83	6,83	6,83	6,91	6,91	6,91
18	6,70	6,70	6,70	6,72	6,72	6,72	6,83	6,83	6,83
19	6,70	6,70	6,70	6,67	6,67	6,67	6,79	6,79	6,79
20	6,66	6,66	6,66	6,64	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
21	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,69	6,69	6,69
22	6,64	6,64	6,64	6,63	6,63	6,63	6,67	6,67	6,67
23	6,70	6,70	6,70	6,60	6,60	6,60	6,80	6,80	6,80
24	6,68	6,68	6,68	6,65	6,65	6,65	6,76	6,76	6,76
25	6,66	6,66	6,66	6,61	6,61	6,61	6,70	6,70	6,70
26	6,64	6,64	6,64	6,60	6,60	6,60	6,67	6,67	6,67
27	6,61	6,61	6,61	6,56	6,56	6,56	6,61	6,61	6,61
28	6,58	6,58	6,58	6,53	6,53	6,53	6,57	6,57	6,57
29	6,56	6,56	6,56	6,51	6,51	6,51	6,55	6,55	6,55
30	6,51	6,51	6,51	6,50	6,50	6,50	6,51	6,51	6,51
31	7,20	7,20	7,20	7,01	7,01	7,01	6,90	6,90	6,90
32	7,11	7,11	7,11	6,92	6,92	6,92	6,87	6,87	6,87
33	7,00	7,00	7,00	6,90	6,90	6,90	6,87	6,87	6,87
34	6,91	6,91	6,91	6,85	6,85	6,85	6,84	6,84	6,84
35	6,87	6,87	6,87	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81
36	6,81	6,81	6,81	6,80	6,80	6,80	6,79	6,79	6,79
37	6,75	6,75	6,75	6,73	6,73	6,73	6,77	6,77	6,77
38	6,70	6,70	6,70	6,69	6,69	6,69	6,71	6,71	6,71
39	6,60	6,60	6,60	6,61	6,61	6,61	6,66	6,66	6,66
40	6,55	6,55	6,55	6,57	6,57	6,57	6,60	6,60	6,60
41	6,51	6,51	6,51	6,53	6,53	6,53	6,55	6,55	6,55
42	6,50	6,50	6,50	6,51	6,51	6,51	6,52	6,52	6,52
PROMEDIO	6,69	6,69	6,69	6,74	6,74	6,74	6,73	6,73	6,73

Anexo D. Registro de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diario

DÍA	T1			T2			T3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	6,43	6,43	6,43	6,51	6,51	6,51	6,50	6,50	6,50
2	6,17	6,17	6,17	6,19	6,19	6,19	6,23	6,23	6,23
3	6,48	6,48	6,48	6,42	6,42	6,42	6,20	6,20	6,20
4	6,30	6,30	6,30	6,32	6,32	6,32	6,23	6,23	6,23
5	6,21	6,21	6,21	6,22	6,22	6,22	6,19	6,19	6,19
6	6,31	6,31	6,31	6,31	6,31	6,31	6,23	6,23	6,23
7	6,28	6,28	6,28	6,29	6,29	6,29	6,28	6,28	6,28
8	6,11	6,11	6,11	6,12	6,12	6,12	6,11	6,11	6,11
9	6,22	6,22	6,22	6,24	6,24	6,24	6,10	6,10	6,10
10	6,21	6,21	6,21	6,20	6,20	6,20	6,21	6,21	6,21
11	6,11	6,11	6,11	6,12	6,12	6,12	6,13	6,13	6,13
12	6,34	6,34	6,34	6,33	6,33	6,33	6,20	6,20	6,20
13	6,18	6,18	6,18	6,20	6,20	6,20	6,18	6,18	6,18
14	6,08	6,08	6,08	6,09	6,09	6,09	6,11	6,11	6,11
15	6,18	6,18	6,18	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15
16	6,25	6,25	6,25	6,20	6,20	6,20	6,25	6,25	6,25
17	6,28	6,28	6,28	6,25	6,25	6,25	6,28	6,28	6,28
18	6,06	6,06	6,06	6,21	6,21	6,21	6,06	6,06	6,06
19	6,13	6,13	6,13	6,15	6,15	6,15	6,13	6,13	6,13
20	6,11	6,11	6,11	6,12	6,12	6,12	6,09	6,09	6,09
21	6,14	6,14	6,14	6,12	6,12	6,12	6,13	6,13	6,13
22	6,11	6,11	6,11	6,16	6,16	6,16	6,20	6,20	6,20
23	6,54	6,54	6,54	6,20	6,20	6,20	6,29	6,29	6,29
24	7,21	7,21	7,21	6,56	6,56	6,56	6,30	6,30	6,30
25	7,25	7,25	7,25	6,61	6,61	6,61	6,33	6,33	6,33
26	7,30	7,30	7,30	6,81	6,81	6,81	6,60	6,60	6,60
27	7,10	7,10	7,10	6,91	6,91	6,91	6,71	6,71	6,71
28	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,80	6,80	6,80
29	7,22	7,22	7,22	7,14	7,14	7,14	6,92	6,92	6,92
30	7,06	7,06	7,06	7,15	7,15	7,15	7,20	7,20	7,20
31	7,00	7,00	7,00	7,09	7,09	7,09	7,17	7,17	7,17
32	6,91	6,91	6,91	7,02	7,02	7,02	7,10	7,10	7,10
33	6,83	6,83	6,83	6,90	6,90	6,90	7,07	7,07	7,07
34	6,76	6,76	6,76	6,79	6,79	6,79	7,01	7,01	7,01
35	6,57	6,57	6,57	6,72	6,72	6,72	6,96	6,96	6,96
36	6,51	6,51	6,51	6,65	6,65	6,65	6,86	6,86	6,86
37	6,50	6,50	6,50	6,53	6,53	6,53	6,73	6,73	6,73
38	6,54	6,54	6,54	6,51	6,51	6,51	6,61	6,61	6,61
39	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52	6,58	6,58	6,58
40	6,54	6,54	6,54	6,51	6,51	6,51	6,54	6,54	6,54
41	6,50	6,50	6,50	6,54	6,54	6,54	6,53	6,53	6,53
42	6,51	6,51	6,51	6,59	6,59	6,59	6,51	6,51	6,51
PROMEDIO	6,51	6,51	6,51	6,47	6,47	6,47	6,45	6,45	6,45

Anexo E. Registro de alimentación diaria (g) por tratamiento

DÍA	T1			T2			T3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
4	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
8	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
9	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
10	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
11	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
12	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
13	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
14	3,91	3,89	3,91	3,89	3,90	3,89	3,44	3,43	3,44
15	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
16	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
17	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
18	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
19	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
20	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
21	5,33	5,34	5,33	5,33	5,32	5,33	3,85	3,87	3,85
22	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
23	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
24	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
25	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
26	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
27	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
28	7,11	7,13	7,11	7,11	7,11	7,12	4,92	4,91	4,91
29	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
30	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
31	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
32	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
33	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
34	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
35	9,28	9,29	9,29	9,27	9,26	9,27	6,23	6,24	6,24
36	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
37	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
38	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
39	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
40	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
41	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
42	12,21	12,20	12,21	12,20	12,22	12,22	8,43	8,42	8,42
Total	285,88	285,95	285,95	285,60	285,67	285,81	209,09	209,09	209,02

Anexo F. Porcentaje de Supervivencia al final del experimento

% DE SUPERVIVENCIA			
	T1	T2	T3
N° Inicial de peces	60	60	60
N° Final de peces	60	60	60
N° de peces muertos	0	0	0
% de mortalidad	0	0	0
% de supervivencia	100	100	100

Anexo G. Análisis de varianza para peso inicial de siembra modelos lineales generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

A=Tratamiento

B=Réplica

Número de factores cuantitativos: 0

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Réplica (tratamiento)	0,0	6	0,0	0,00	1,0000
Residuo	3,6	171	0,0210526		
Total (corregido)	3,6	179			

Anexo H. Análisis de varianza para tasa de crecimiento específica en peso modelos lineales generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

A=Tratamiento

B=Réplica

C=Semana

Número de factores cuantitativos: 0

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000685307	2	0,000342653	289657,71	0,0000
Réplica (tratamiento)	7,09776E-9	6	1,18296E-9		
Semana (réplica tratamiento)	0,00290999	45	0,0000646664	54664,94	
Residuo	0,0	0			
Total (corregido)	0,0035953	53			

Anexo I. Prueba de tukey para tasa de crecimiento específica

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
3	18	0,033073	0,00000810679	X
2	18	0,0406277	0,00000810679	X
1	18	0,0406325	0,00000810679	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
1 - 2		0,00000480278	0,0000351772
1 - 3	*	0,00755944	0,0000351772
2 - 3	*	0,00755464	0,0000351772

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo J. Análisis de varianza para longitud inicial de siembra modelos lineales generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

A=Tratamiento

B=Réplica

Número de factores cuantitativos: 0

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,138778	2	0,0693889	1,39	0,3186
Réplica (tratamiento)	0,299	6	0,0498333		
Residuo	0,0	0			
Total (corregido)	2,64728	179			

ANEXO K. Análisis de varianza para ganancia de longitud modelos lineales generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

A=Tratamiento

B=Réplica

C=Semana

Número de factores cuantitativos: 0

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,000556447	2	0,000278223	423,63	0,0000
Réplica (tratamiento)	0,00000394053	6	6,56755E-7		
Semana (réplica tratamiento)	0,00472612	45	0,000105025	159,91	0,0000
Residuo	0,0	0			
Total (corregido)	0,0052865	53			

Anexo L. Prueba tukey para ganancia de longitud

TRATAMIENTO	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
3	18	0,0142625	0,000191014	X
2	18	0,0210553	0,000191014	X
1	18	0,0210887	0,000191014	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
1 - 2		0,0000334195	0,000828854
1 - 3	*	0,00682624	0,000828854
2 - 3	*	0,00679282	0,000828854

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo M. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente

Modelos Lineales Generalizados

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

A=Tratamiento

B=Réplica

C=Semana

Número de factores cuantitativos: 0

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,167932	2	0,0839662	124659,07	0,0000
Réplica (tratamiento)	0,0000040414	6	6,73566E-7		
Semana (réplica tratamiento)	0,64863	45	0,014414	21399,52	0,0000
Residuo	0,0	0			
Total (corregido)	0,816566	53			

Anexo N. Prueba de Tukey para conversión alimenticia aparente

TRATAMIENTO	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
3	18	0,850856	0,000193443	X
2	18	0,969102	0,000193443	X
1	18	0,969205	0,000193443	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
1 - 2		0,000102748	0,000839395
1 - 3	*	0,118349	0,000839395
2 - 3	*	0,118246	0,000839395

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo O. Análisis bromatológico de la harina de morera

Código: F-07-LT

Versión: 01

Página: 1 de 1



Laboratorio
TECNIANÁLISIS S.A.S.
Su aliado en la productividad!

ANALISIS BROMATOLOGICO

Cliente: **Vanesa López**

Características: --

Dirección: --

Fecha de ingreso: **Julio 16 de 2015**

Ciudad: --

Fecha de resultados: **Julio 26 de 2015**

Identificación: **Harina de Morera (MORUS ALBA)**

No Muestra: **M-26403**

ENSAYOS REALIZADOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	MÉTODO ANALÍTICO
Proteína Bruta	--	19.01 %	Kjeldhal
Fibra Cruda	--	10.54 %	Método Interno
Cenizas	--	12.59 %	Calcinación
Humedad	--	5.79 %	Met Interno - Secado
Grasas	--	1.49 %	Extracción Soxhlet
ELN	--	53.11 %	Método Interno
Nitrógeno (N)	--	3.04 %	Kjeldahl
Calcio (Ca)	--	3.69 %	Absorción Atómica
Fósforo (P)	--	0.47 %	Colorimetría
Azufre (S)	--	0.21 %	Turbidimetría

Nota: Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. La muestra y los resultados se guardarán por un tiempo de 1 año a partir de la fecha de emisión del resultado. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe.

Observaciones del Laboratorio:

Los resultados son reportados en base seca.

Oscar Javier Cubillos
Profesional Responsable

Quím. Laura Uribe Triana
Directora Técnica TP PQ-2676

Anexo P. Análisis bromatológico del tratamiento 2

Código: F-07-LT

Versión: 01

Página: 1 de 1



Laboratorio
TECNANÁLISIS S.A.S.
Su aliado en la productividad!

ANALISIS BROMATOLOGICO

Cliente: **Vanesa López**

Características: --

Dirección: --

Fecha de ingreso: **Julio 16 de 2015**

Ciudad: --

Fecha de resultados: **Julio 26 de 2015**

Identificación: **(T2) 15% Harina de morera, 85%
concentrado comercial al 38% de
proteína.**

No Muestra: **M-26404**

ENSAYOS REALIZADOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	MÉTODO ANALÍTICO
Proteína Bruta	--	36.88 %	Kjeldhal
Fibra Cruda	--	4.45 %	Método Interno
Cenizas	--	10.51 %	Calcinación
Humedad	--	9.55 %	Met Interno - Secado
Grasas	--	1.45 %	Extracción Soxhlet
ELN	--	42.26 %	Método Interno
Nitrógeno (N)	--	5.90 %	Kjeldahl
Calcio (Ca)	--	4.76 %	Absorción Atómica
Fósforo (P)	--	1.38 %	Colorimetría
Azufre (S)	--	0.44 %	Turbidimetría

Nota: Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. La muestra y los resultados se guardarán por un tiempo de 1 año a partir de la fecha de emisión del resultado. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe.

Observaciones del Laboratorio:

Los resultados son reportados en base seca.

Oscar Javier Cubillos
Profesional Responsable

Quim. Laura Uribe Triana
Directora Técnica TP PQ-2676

Anexo Q. Análisis bromatológico del tratamiento 3

Código: F-07-LT
Versión: 01
Página: 1 de 1



Laboratorio
TECNIANÁLISIS S.A.S.
Su aliado en la productividad!

ANALISIS BROMATOLOGICO

Cliente: **Vanesa López**

Características: --

Dirección: --

Fecha de ingreso: **Julio 16 de 2015**

Ciudad: --

Fecha de resultados: **Julio 26 de 2015**

Identificación: **T3: 30% Harina de morera, 70%
concentrado comercial al 38% de
proteína**

No Muestra: **M-26402**

ENSAYOS REALIZADOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	MÉTODO ANALÍTICO
Proteína Bruta	--	33.69 %	Kjeldhal
Fibra Cruda	--	5.93 %	Método Interno
Cenizas	--	10.16 %	Calcinación
Humedad	--	7.49 %	Met Interno - Secado
Grasas	--	1.50 %	Extracción Soxhlet
ELN	--	45.07 %	Método Interno
Nitrógeno (N)	--	5.39 %	Kjeldahl
Calcio (Ca)	--	4.11 %	Absorción Atómica
Fósforo (P)	--	1.13 %	Colorimetría
Azufre (S)	--	0.35 %	Turbidimetría

Nota: Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. La muestra y los resultados se guardarán por un tiempo de 1 año a partir de la fecha de emisión del resultado. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe.

Observaciones del Laboratorio:

Los resultados son reportados en base seca.

Oscar Javier Cubillos
Profesional Responsable

Quím. Laura Uribe Triana
Directora Técnica TP PQ-2676