

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

“EFECTO DE DIETAS EXTRUIDAS EN BASE A TORTA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) Y FRUTO DE MACAMBO (*Theobroma bicolor*), SOBRE LOS INDICES DE CRECIMIENTO Y ZOOTÉCNICOS EN EL CULTIVO DE PACOS JUVENILES (*Piaractus brachypomus*), PROVINCIA DE TAMBOPATA, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS”

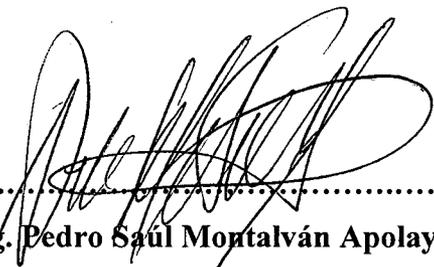
TESISTA: Bach. NATIVIDAD CHIRINOS OCHOA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PUERTO MALDONADO-PERÚ

-2015-

Tesis sustentada y aprobada ante el siguiente jurado calificador:



.....
Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya
PRESIDENTE



.....
Dra. Roxana Madueño Portilla
SECRETARIA

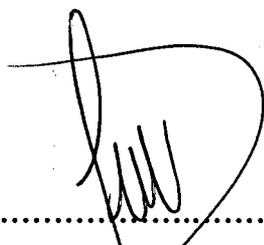


.....
Dra. María Isabel Cajo Pinche
VOCAL

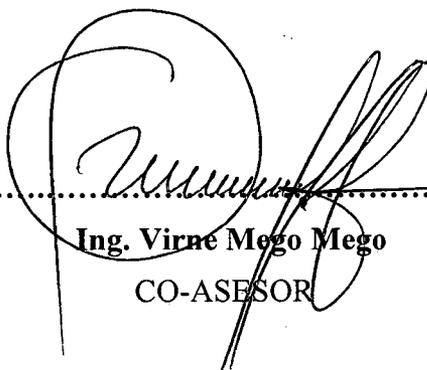


.....
M.Sc. Liset Rodríguez Achata
ACCESITARIA

ASESORES



.....
Ing. Javier Eduardo Díaz Viteri
ASESOR



.....
Ing. Virné Mego Mego
CO-ASESOR

PUERTO MALDONADO-PERÚ

-2015-

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por sus bendiciones y lecciones medidas, por darme perseverancia y permitirme alcanzar este logro.

A mis Padres Eusebio y Luisa, quienes me brindan motivación constante, gran paciencia e incondicional apoyo en todos los momentos de mi vida y más aún para la elaboración de esta tesis.

A todos y cada uno de mis hermanos, por compartir siempre momentos buenos, malos y difíciles conmigo, por sus buenos consejos, por su confianza y fe en mí, y por su apoyo en la realización de este proyecto.

Natividad Chirinos Ochoa

**<La educación no cambia el mundo, cambia
a las personas que van a cambiar el mundo>**

Paulo Freire.

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, porque en sus aulas recibí mi formación profesional, y a todos los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial; quienes contribuyeron en mi formación con sus conocimientos brindados durante los años de estudios en la Universidad.

Al **Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)**, sede Madre de Dios por permitir que esta investigación se desarrollara en las instalaciones de su Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” y financiarla.

Mis más sinceros agradecimientos al **Ing. Edgar Giraldo Ríos - Investigador del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana**, a quien le tengo mucha gratitud por brindarme su apoyo en todo momento hasta culminar esta investigación.

A los investigadores del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, sede Madre de Dios, **Blgo. Gustavo Pereyra Panduro, Blgo. Juan Carlos García Dávila, Blgo. Jorge Guillermo Babilonia Medina, Blgo. Kiss Douglas Gardini Arimuya e Ing. Carlos Luis Alvarado Valles** por sus recomendaciones, sugerencias y aportes en el desarrollo de esta investigación.

De manera especial y sincera a mis asesores **Ing. Javier Eduardo Díaz Viteri e Ing. Virne Mego Mego**, por sus valiosas sugerencias, paciencia y disposición de tiempo para ayudarme y guiarme en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Finalmente a todas y cada una de las personas que de una u otra forma colaboraron durante el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

Natividad Chirinos Ochoa

PRESENTACIÓN

La producción acuícola en general sigue creciendo a nivel mundial, y en especial la acuicultura de agua dulce ha ido incrementando progresivamente su aportación a la producción total de peces comestibles cultivados del 50% en 1980 al 63% en 2012. En tanto el consumo aparente mundial de pescado *per cápita* también aumentó de un promedio de 9,9 kg en el decenio de 1960 a 19,2 kg en 2012. Dado que el pescado desempeña una función esencial en la seguridad alimentaria y las necesidades nutricionales de las personas de los países en desarrollo y desarrollados (FAO, 2014).

Y el cultivo de peces en agua dulce realiza la mayor aportación directa a la oferta de alimentos proteínicos accesibles, especialmente para personas que siguen en condiciones de pobreza en países en desarrollo. Se prevé asimismo que este subsector, gracias al desarrollo sostenible y el fomento constante, desempeñe un papel principal para lograr la seguridad alimentaria y nutricional a largo plazo, así como para satisfacer el aumento de la demanda de peces comestibles de la creciente población en muchos países en desarrollo en los próximos decenios (FAO, 2014).

Dentro de este contexto el presente trabajo de investigación pretende ser un recurso alternativo de solución al problema del alto costo de producción que genera la alimentación en el sector acuícola y específicamente en la piscicultura, planteando la inclusión de Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*) y el fruto de macambo (*Theobroma bicolor*) en la dieta del paco (*Piaractus brachypomus*), y además por supuesto contribuir como información para los acuicultores de la región de Madre de Dios y futuras investigaciones afines. Puesto que es necesario incentivar la actividad piscícola pero también ofrecer soluciones a los problemas que aqueja este sector.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES AFINES.....	4
2.2. PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>), EN LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS.	10
2.3. PACO (<i>Piaractus Brachypomus</i>).....	11
2.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	11
2.3.2. TAXONOMÍA DE LA ESPECIE <i>Piaractus brachypomus</i>	11
2.3.3. MORFOLOGÍA DE LA ESPECIE <i>Piaractus brachypomus</i>	12
2.4. CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	12
2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	13
2.5.1. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS.....	13
2.5.2. LIPIDOS Y CARBOHIDRATOS.....	14
2.5.3. VITAMINAS Y MINERALES.....	15
2.6. DIETAS ALTERNATIVAS PARA EL PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>).	15
2.6.1. CASTAÑA AMAZÓNICA (<i>Bertholletia excelsa</i>).	16
2.6.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	16
2.6.1.2. TORTA DE CASTAÑA.....	17
2.6.2. MACAMBO (<i>Theobroma bicolor</i>).	18
2.6.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.....	18
2.6.2.2. FRUTO DEL MACAMBO (<i>Theobroma bicolor</i>).	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. MATERIALES.	21
3.2. METODOLOGÍA.	22
3.2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.	22
3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	23
3.2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.	24
3.2.4. TRATAMIENTOS.....	24
3.2.5. OBTENCIÓN DE LA TORTA DE CASTAÑA Y MACAMBO.....	25
3.2.6. FORMULACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	25
3.2.7. ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	27
3.2.8. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	30
3.2.9. ACONDICIONAMIENTO DE LOS CORRALES EXPERIMENTALES.	31

3.2.10.	SIEMBRA DE LOS JUVENILES DE PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>).	32
3.2.11.	ALIMENTACIÓN.	33
3.2.12.	MUESTREOS BIOMÉTRICOS.	35
3.2.13.	ÍNDICES DE CRECIMIENTO Y ZOOTÉCNICOS.	36
3.2.13.1.	ÍNDICES DE CRECIMIENTO.	36
3.2.13.2.	ÍNDICES ZOOTÉCNICOS.	36
3.2.14.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE INCLUSIÓN DE TORTA DE CASTAÑA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	39
3.2.15.	ANÁLISIS ECONÓMICO.	40
3.2.16.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.	40
3.2.17.	ANÁLISIS DE DATOS.	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.	42
4.1.	ÍNDICES DE CRECIMIENTO.	42
4.1.1.	CRECIMIENTO EN LONGITUD.	44
4.1.2.	CRECIMIENTO EN PESO.	47
4.2.	ÍNDICES ZOOTÉCNICOS.	52
4.2.1.	Índice Conversión Alimenticia Aparente (ICAA).	53
4.2.2.	Ganancia de peso porcentual (%GP).	54
4.2.3.	Coefficiente de variación de peso (CVP).	55
4.2.4.	Tasa crecimiento específico (TCE).	55
4.2.5.	Eficiencia del Alimento (EA).	56
4.2.6.	Factor de Condición Corporal (K).	57
4.2.7.	Índice Hepatosomático (IHS).	57
4.2.8.	Supervivencia (S).	58
4.3.	NIVEL ÓPTIMO RECOMENDADO DE INCLUSIÓN PORCENTUAL DE TORTA DE CASTAÑA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	61
4.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO.	62
4.5.	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.	64
4.5.1.	Potencial de hidrógeno (pH).	64
4.5.2.	Temperatura (°C).	65
4.5.3.	Oxígeno disuelto (mg/L).	66
4.5.4.	Alcalinidad (ppm de CaCO ₃).	67
4.5.5.	Dureza (ppm CaCO ₃).	68
V.	CONCLUSIONES.	70
VI.	RECOMENDACIONES.	72
VII.	BIBLIOGRAFÍA.	73
	ANEXOS.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Desembarque anual de pescado fresco, Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014.....	10
Tabla 02. Producción acuícola anual de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014.....	10
Tabla 03. Aminoácidos requeridos por juveniles de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)...	14
Tabla 04. Composición nutricional de la Torta de Castaña <i>Bertholletia excelsa</i>	18
Tabla 05. Composición de aminoácidos de la Torta de Castaña <i>Bertholletia excelsa</i> ...	18
Tabla 06. Composición nutricional de la Pulpa y Semilla de Macambo <i>Theobroma bicolor</i>	20
Tabla 07. Composición porcentual de los Insumos, Aditivos y Nutrientes de las Dietas Experimentales formuladas para juveniles de Paco, en los tratamientos.....	26
Tabla 08. Composición bromatológica del alimento comercial Purigamitana 25.....	27
Tabla 09. Composición bromatológica de las Dietas Experimentales.....	30
Tabla 10. Composición bromatológica de la Torta de castaña y Pulpa de Macambo...	30
Tabla 11. Tasa de Alimentación para Paco y Gamitana.....	33
Tabla 12. Índices de Crecimiento, obtenidos a los 100 días de cultivo de juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) alimentados con tres dietas conteniendo tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (25%, 30% y 35%) e igual nivel de inclusión de Macambo (20%) del T1, T2, T3 respectivamente y la dieta del TT (alimento comercial Purigamitana 25).....	43
Tabla 13. Análisis de varianza ANOVA ($P>0,05$) de Longitud Total Finales en los tratamientos.....	45
Tabla 14. Subconjuntos homogéneos con HSD de Tukey de Longitud Total Final (LTF).....	46
Tabla 15. Análisis de Varianza ANOVA ($P>0,05$) de Peso Final en los tratamientos...	49

Tabla 16	Subconjunto homogéneos con HSD de Tukey de Peso Final (PF).....	50
Tabla 17.	Índices Zootécnicos obtenidos a los 100 días de cultivo de juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) alimentados con tres dietas conteniendo tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (25%, 30% y 35%) e igual nivel de inclusión de Macambo (20%) del T1, T2, T3 respectivamente y la dieta del TT (alimento comercial Purigamitana 25).....	53
Tabla 18.	Análisis económico por el método de Presupuestos Parciales del cultivo de juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>), alimentados con dietas en base a torta de castaña (<i>Bertholletia excelsa</i>) y macambo (<i>Theobroma bicolor</i>).....	63
Tabla 19.	Valores promedios mensuales de los parámetros físico-químicos del agua del estanque, durante los 100 días de cultivo de juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01. Longitud Total Inicial, Longitud Total Final y Longitud Ganada de los juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en los tratamientos.....	45
Gráfico 02. Curva de crecimiento en Longitud de los Juveniles de Paco.....	47
Gráfico 03. Peso Inicial, Peso Final y Ganancia de Peso de los juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en los tratamientos.....	49
Gráfico 04. Biomasa Inicial, Biomasa Final y Biomasa Ganada de los juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en los tratamientos.	51
Gráfico 05. Curva de crecimiento en Peso de los Juveniles de Paco.....	52
Gráfico 06. Nivel óptimo de inclusión de Torta de castaña <i>Bertholletia excelsa</i>	61
Gráfico 07. Variación de los valores promedios mensuales de pH del agua del estanque de cultivo.....	65
Gráfico 08. Variación de los valores promedios mensuales de Temperatura del agua del estanque de cultivo.....	66
Gráfico 09. Variación de los valores promedios mensuales de Oxígeno Disuelto en el agua del estanque de cultivo.....	67
Gráfico 10. Variación de los valores promedios mensuales de Alcalinidad del agua del estanque de cultivo.....	68
Gráfico 11. Variación de los valores promedios mensuales de Dureza del agua del estanque de cultivo.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01.	Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	12
Figura 02.	Torta de Castaña (<i>Bertholletia excelsa</i>).....	17
Figura 03.	Fruto de Macambo (<i>Theobroma bicolor</i>).....	20
Figura 04.	Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana en Madre de Dios.....	23
Figura 05.	Flujograma del proceso de elaboración de las Dietas Experimentales.....	28
Figura 06.	Pellets obtenidos en el proceso de Extrusión.....	29
Figura 07.	Acondicionamiento y construcción de Corrales Experimentales....	31
Figura 08.	Distribución de los Tratamientos a las Unidades Experimentales...	32
Figura 09.	Pesado de las Dietas Experimentales para cada Tratamiento.....	34
Figura 10.	Muestreos biométricos de Peso y Longitud Total de los Juveniles de Paco.....	35
Figura 11.	Ejemplar sacrificado para determinar el Índice Hepatosomático...	38
Figura 12.	Registro de los parámetros físicos y químicos del agua del estanque de cultivo.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 20.	Análisis bromatológico de la Pulpa de Macambo <i>Theobroma bicolor</i>	86
Tabla 21.	Análisis bromatológico de las dietas experimentales y Torta de Castaña..	87
Tabla 22.	Longitud Total Final (LTF) y Peso Final (PF) de los juveniles de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>), por cada tratamiento.....	88
Tabla 23.	Análisis de varianza ANOVA ($P>0,05$) de Longitud Total Final (LTF) en los tratamientos.....	89
Tabla 24.	Análisis de varianza ANOVA ($P>0,05$) de Peso Final (PF) en los tratamientos.....	89
Tabla 25.	Estadísticos Descriptivos de Longitud Total Final (LTF) en los tratamientos.....	90
Tabla 26.	Estadísticos Descriptivos de Peso Final (PF) en los tratamientos.....	90
Tabla 27.	Comparaciones múltiples con HSD de Tukey de Longitud Total Final (LTF) y Peso Final (PF) en los tratamientos.....	91
Tabla 28.	Promedios mensuales de los parámetros físico-químicos del agua en el estanque de tierra, cultivando juveniles de paco, alimentados con dietas experimentales utilizando torta de castaña <i>Bertholletia excelsa</i> y macambo <i>Theobroma bicolor</i>	92

RESUMEN

El principal problema en la actividad piscícola son los altos costos que genera la alimentación, lo que conlleva a la búsqueda de nuevas fuentes alimenticias que permitan elaborar dietas balanceadas a un menor costo. En ese sentido, el presente trabajo de investigación, evaluó el crecimiento de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), a través de los índices de crecimiento (LG: *Longitud ganada*, GP: *Ganancia de peso* y BG: *Biomasa ganada*) e índices zootécnicos (ICAA: *Índice de conversión alimenticia aparente*, %GP: *Ganancia de peso porcentual*, CVP: *Coficiente de variación de peso*, TCE: *Tasa de crecimiento específico*, EA: *Eficiencia del alimento*, K: *Factor de condición corporal*, IHS: *Índice Hepatosomático* y S: *Supervivencia*), utilizando tres dietas con diferentes niveles de inclusión de Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* (T1=25%, T2=30% y T3=35%) e igual nivel de inclusión de Macambo “pulpa+semilla” *Theobroma bicolor* (T1=20%, T2=20% y T3=20%) frente a una dieta comercial de testigo (TT= Purigamitana 25).

Para el experimento, se emplearon un total 240 juveniles con 20,21 cm de longitud total promedio y 161,75 g de peso promedio; los cuales fueron sembrados en cuatro corrales de 60 m², divididos de un estanque de tierra de 960 m², distribuyéndose 60 peces por cada corral a una densidad de 1 pez/m² y alimentados dos veces al día durante un periodo de 100 días. Cada 20 días se realizaron evaluaciones biométricas (18 peces/tratamiento) para medir el crecimiento en longitud y peso, y además reajustar las raciones diarias de alimento a suministrar en los siguientes 20 días de cultivo. También se tuvieron en cuenta parámetros físico-químicos del agua (Temperatura, Oxígeno Disuelto, pH, Alcalinidad y Dureza) que fueron monitoreados semanalmente.

Al final del estudio se registró diferencias significativas ($P < 0,05$) en el crecimiento en longitud y peso de los juveniles evaluados, lo que indica que la inclusión de torta de castaña y macambo en las dietas formuladas hizo efecto significativo en el crecimiento de los peces. El T2, presentó los mejores valores para los índices de crecimiento e índices zootécnicos. La torta de castaña y el macambo (pulpa+semilla) mostraron ser buenos insumos alternativos en dietas balanceadas extruídas para alimentar a juveniles de paco, porque generó desempeño productivo positivo en el crecimiento de esta especie.

PALABRAS CLAVES: Paco, *Piaractus brachypomus*, índices de crecimiento, índices zootécnicos, torta de castaña, macambo.

ABSTRACT

The main problem in fish farming activity are the high costs that generates its feeding, which leads to the search for new food sources to develop balanced diets at a lower cost. In this sense, the present research evaluated the growth of juvenile of paco (*Piaractus brachypomus*), through growth indexes (LG: *Length won*, GP: *Weight gain* and BG: *Biomass won*) and zootechnical indexes (ICAA: *apparent feed conversion ratio*, % GP: *percentage weight gain*, CVP: *weight variation coefficient*, TEC: *specific growth rate*, EA: *Feed efficiency*, K: *Factor of body condition*, IHS: *Hepatosomatic Index* and S: *Survival*) using three diets with different levels of inclusion of Brazil nut cake *Bertholletia excelsa* (T1=25%, T2=30% and T3=35%) and equal level of Macambo including "Pulp + seed" *Theobroma bicolor* (T1=20%, T2=20% and T3=20%) compared to a commercial diet control (TT=Purigamitana 25).

For the experiment, a total 240 juveniles with 20,21 cm total length and average 161,75 g average weight were used; which they were sowed in four pens of 60 m², divided pond land of 960 m², distributed 60 fish per pen at a density of 1 fish/m² and fed twice daily for a period of 100 days. Biometric evaluations (18 fish/treatment) were performed every 20 days to measure the growth in length and weight, and also readjust the daily rations of food to be supplied within 20 days of culture. They also took into account water physic-chemical parameters (Temperature, Dissolved Oxygen, pH, Alkalinity and Hardness) that were monitored weekly.

At the end of the study significant differences were recorded ($P < 0,05$) in the growth in length and weight of the youth it evaluated, indicating that the inclusion of Brazil nut cake and macambo in diets formulated made significant effect on growth fish. T2, presented the best values for growth indexes and zootechnical indexes. Brazil nut cake and macambo (pulp+seed) showed to be good alternative inputs into balanced diets extruded to feed juvenile of paco, because it generated positive productive performance in growing this species.

KEY WORDS: Paco, *Piaractus brachypomus*, growth indexes, zootechnical indexes, Brazil nut cake, macambo.

I. INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial sigue creciendo y crece con mayor rapidez que los demás sectores de producción de alimentos de origen animal (FAO, 2014), y en el Perú esta tendencia se enfoca entre otros factores al crecimiento de la acuicultura amazónica a través del cultivo de peces amazónicos (PRODUCE, 2012). Mientras que en la región de Madre de Dios, la demanda insatisfecha de pescado en la población urbana, presenta a la piscicultura como una opción productiva de mucho potencial, teniendo en cuenta las condiciones topográficas, climáticas e hidrológicas que presenta la región (IIAP, 2002). Sin embargo la alimentación en la producción de peces representa desde 60 a 80% de los costos variables en la mayor parte de las operaciones de la piscicultura, aunado a esto y debido al crecimiento de la acuicultura, la demanda por harina de pescado ha forzado un incremento en sus precios (Lovell, 1998; Silva et al., 2003) dado que es el ingrediente más utilizado en la elaboración de alimentos para la mayoría de las especies cultivadas (Álvarez, 2007). En consecuencia la alimentación se convierte en un factor limitante de rentabilidad en la producción piscícola puesto que genera elevados costos durante el periodo de cultivo.

Frente a este contexto surge la necesidad de buscar sustitutos alimenticios nutricionalmente eficientes, económicamente rentables y de disponibilidad constante, así como de fácil manejo y aplicación (Hardy, 2001). Diversas investigaciones reportan el potencial de productos alternativos de origen vegetal, que pueden sustituir parcialmente la harina de pescado en cuanto a su composición de aminoácidos esenciales, palatabilidad y digestibilidad, y que son menos costosos (Swick, 2002). Es así que en el Perú, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, ha realizado y publicado trabajos de investigación encaminadas en la búsqueda de productos y subproductos de origen vegetal de especies nativas de la Amazonía, que pueden ser incorporados como insumos sustitutos de la harina de pescado en dietas para el paco (*Piaractus brachypomus*).

Con todos estos antecedentes, el presente trabajo de investigación planteó la inclusión la Torta de Castaña *Bertholletia excelsa*; por su contenido de proteínas de alto valor biológico y 95% de digestibilidad (Mitchell y Beadles, 1937; Telles, 2009), y la inclusión de la Pulpa y Semilla de Macambo *Theobroma bicolor* también rica en proteínas y en vitaminas hidrosolubles (Furlán y Bressani, 1999; Félix, 2000). Ambos son productos regionales disponibles durante muchos meses del año; y en el caso del Macambo su bajo

consumo en la región de Madre de Dios hace que el fruto tenga eminentes pérdidas, factores que los convierten en potenciales productos alternativos para ser utilizados en dietas alimenticias que permita sustituir total o parcialmente a la harina de pescado, en el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*).

Por lo expuesto anteriormente, este trabajo se centra en estudiar el efecto de la inclusión de Torta de Castaña y fruto de Macambo (Pulpa+Semilla) en dietas balanceadas extruidas (T1=25% y 20%; T2=30% y 20%; T3=35% y 20% de torta de castaña y macambo respectivamente) y una dieta comercial (TT=PURIGAMITANA 25%), sobre los índices de crecimiento y zootécnicos, concretamente para juveniles de paco. Donde los objetivos planteados fueron los siguientes:

a) Objetivo General:

- ✎ Evaluar el efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma bicolor*), mediante el estudio de los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*), en la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios.

b) Objetivos Específicos:

- ✎ Evaluar los índices de crecimiento (LG: Longitud ganada, GP: Ganancia de peso y BG: Biomasa ganada) en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*).
- ✎ Evaluar los índices zootécnicos (ICAA: Índice de conversión alimenticia aparente, %GP: Ganancia de peso porcentual, CVP: Coeficiente de variación de peso, TCE: Tasa de crecimiento específico, EA: Eficiencia del alimento, K: Factor de condición corporal, IHS: Índice Hepatosomático y S: Supervivencia) en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*).
- ✎ Determinar el nivel de óptimo de inclusión proporcional de Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*) y Macambo (*Theobroma bicolor*), en las tres dietas formuladas en la investigación.
- ✎ Evaluar el tratamiento más económico y del más alto rendimiento productivo en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*) según los resultados de la investigación.

- ✎ Determinar la calidad del agua mediante el estudio de parámetros físicos y químicos en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*).

Se trabajó bajo la HIPÓTESIS NULA: Las dietas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma bicolor*), no tienen efectos sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de juveniles de paco, y la HIPÓTESIS ALTERNA: Las dietas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma bicolor*), tienen efectos sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de juveniles de paco.

Las variables estudiadas fueron; VARIABLES INDEPENDIENTES: Inclusión porcentual de Torta de Castaña (T1=25%, T2=30%, T3=35%) y Pulpa+Semilla de Macambo (T1=20%, T2=20%, T3=20%), y alimento comercial (TT=PURIGAMITANA 25). VARIABLES DEPENDIENTES: Índices de crecimiento (LG: Longitud ganada, GP: Ganancia de peso y BG: Biomasa ganada) e índices zootécnicos: (ICAA: Índice de conversión alimenticia aparente, %GP: Ganancia de peso porcentual, CVP: Coeficiente de variación de peso, TCE: Tasa de crecimiento específico, EA: Eficiencia del alimento, K: Factor de condición corporal, IHS: Índice Hepatosomático y S: Supervivencia).

La importancia del presente trabajo de investigación se fundamenta en validar la inclusión de la Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*) y el Macambo “pulpa + semilla” (*Theobroma bicolor*) en dietas balanceadas extruidas de bajo costo que genera un rendimiento productivo positivo en el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*); y contribuir como una alternativa alimenticia beneficiosa para los piscicultores de la región de Madre de Dios, minimizando los costos de alimentación en la actividad piscícola.

Por otro lado la única limitación que se tuvo en esta investigación fue de tipo financiero para realizar el análisis de aminoácidos de la pulpa y semillas del Macambo (*Theobroma bicolor*) dado que no existe información disponible, necesaria para conocer con certeza la calidad biológica de sus proteínas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES AFINES.

Tenazoa, (2013). En este estudio se evaluó el efecto de alimento peletizado a base de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en diferentes porcentajes de inclusión sobre el crecimiento y la composición corporal de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) cultivados en corrales durante 106 días, donde la población total estuvo constituida por 132 alevinos, distribuyéndose en seis unidades experimentales con 22 alevinos cada uno. Todas las dietas fueron elaboradas con insumos tales como: Harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, polvillo de arroz y harina de quinua. Las dietas experimentales contenían los siguientes tenores protéicos: T₁ 26% PB (proteína bruta), T₂ 28% PB y T₃ 30% PB con 21%, 26% y 31% de inclusión de harina de quinua respectivamente en las formulaciones finales de las dietas. Los alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) del T₁, T₂ y T₃ iniciaron con pesos y longitudes promedios de 21,9 g y 10,8 cm; 24,7 g y 25,1 cm; y finalmente 19,6 g y 22,9 cm de manera respectiva para cada tratamiento. Al finalizar el estudio se observó que no hubo diferencia significativa ($P>0,05$) en el crecimiento de peso y longitud del *Colossoma macropomum*, sin embargo los peces del T₂ con 26% de inclusión de harina de quinua tuvieron el mejor desempeño 276,7 g y 25,1 cm de crecimiento. De acuerdo a los resultados la secuencia de crecimiento de los tratamientos es: T₂>T₁>T₃. Con respecto a la composición bromatológica (g/100 g MS) los tratamientos T₁ y T₂ mostraron los niveles más altos 65,7% y 66,1% en incremento de proteína bruta. El autor concluye que la harina de quinua es un insumo vegetal que puede ser usada hasta niveles de 31% de inclusión en dietas balanceadas para gamitanas (*Colossoma macropomum*).

Barroso, (2012). La investigadora evaluó el crecimiento de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), alimentados con nuevas dietas en base a materias primas eficientes y prometedoras que sustituyan a la harina de pescado, cuyos resultados pudieran ser de gran utilidad en el diseño de experimentos relacionados con la elaboración de dietas rentables, a fin de lograr un óptimo crecimiento. En esta investigación se evaluó el rendimiento en peso, talla e indicadores económicos de *Piaractus brachypomus*, criados en jaulas desde la etapa de alevinos, durante 150 días de cultivo y utilizando tres dietas: el primero fue alimento balanceado comercial peletizado (BC) con contenido de proteína bruta: pre-inicio 38% PB (proteína bruta), inicio 32% PB, crecimiento 32% PB y engorde 28% PB;

la segunda se constituyó de alimentos naturales alternativos (AN) como: papaya, guayaba, plátano verde, aguacate, maíz, garbanzo y arroz; y la tercera (BC+AN) estuvo compuesta de una mezcla de la dieta balanceada peletizada + alimentos naturales alternativos. Es así que se sembraron 6 ind/m², un total de 144 alevinos de cachama con peso aproximado de 3 g, repartidos 12 alevinos en 12 jaulas (unidad experimental), 48 alevinos para el Tratamiento 1 (BC), 48 alevinos para el Tratamiento 2 (AN) y 48 alevinos para el Tratamiento 3 (BC+AN) y se utilizó un diseño de bloques. Habiendo llegado a las siguientes conclusiones: Que con el T1(BC) se obtuvieron pesos comerciales en tiempo adecuado, es decir peso 231,99 g y talla de 25,12 cm y con un costo de producción por 100 g de peso vivo de 0,61 USD, este tratamiento resultó ser el mejor en rendimiento de peso y talla, pero no en costos. El T3 (BC+AN) resultó siendo la dieta económicamente satisfactoria y biológicamente factible, haciendo que los peces obtenidos resultaron atractivos para el consumo con peso de 186,09 g; talla de 25,62 cm y costo de producción por 100 g de peso vivo de 0,37 USD.

Gutiérrez, (2012). Evaluó el efecto de la alimentación con niveles de inclusión de un probiótico comercial (Amino Plus) en el alimento extruido (Purigamitana 25) siendo: T1 (6 ml/kg + Alimento Extruido), T2 (8 ml/kg + Alimento Extruido), T3 (10 ml/kg + Alimento Extruido), y una dieta sin inclusión de probióticos que representó el Control (T4), sobre el crecimiento del híbrido "Pacotana" (*Piaractus brachypomus* ♀ x *Colossoma macropomum* ♂), durante la fase juvenil, durante 90 días. La investigación evaluó también los indicadores de crecimiento (GPI, LSI, ICA, VCP, TCP y PS) cada 30 días. La población experimental fue de 1200 especies, que fueron distribuidos en 12 unidades experimentales de 200 m², con una longitud estándar de 10 cm y peso inicial de 70 g. El experimento se efectuó con un Diseño Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento. Los resultados mostraron que T3 presentó mayor Ganancia de Peso Individual (GPI) 557,50±84,17 g, y una Longitud Estándar Individual (LSI) 30,29±2,22 cm, Índice de Conversión Alimenticia (ICA) 1,05±0,16, Tasa de Crecimiento en Peso (TCP) 2,43±0,15 %/día y Velocidad de Crecimiento en Peso (VCP) 6,19±0,94 g/día, siendo los mejores resultados que los demás tratamientos (P<0,05). Concluyendo que el efecto de la inclusión de 10 ml de probióticos comercial (AMINO PLUS) por kilogramo de alimento extruido (PURIGAMITANA 25) presentó un resultado eficaz positivo constituyendo una alternativa viable como promotor de crecimiento de la pacotana (*Piaractus brachypomus* ♀ x *Colossoma macropomum* ♂) en la fase juvenil.

Clavijo, (2011). La investigación parte de la premisa que la primera fase a la hora de valorar el potencial de un alimento para considerar su inclusión en una dieta, es medir su digestibilidad. Por esa razón se propuso adaptar la metodología de Stripping (masaje abdominal) para recolectar heces fecales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y determinar la digestibilidad de las combinaciones de cuatro materias primas no convencionales: Caupí, bore, zapallo y yuca, utilizando un diseño experimental de bloques completos aleatorizados. Se emplearon jaulas flotantes, alojando 120 juveniles de paco *Piaractus brachypomus* con pesos promedios de 580 ± 20 g y se repartieron 15 peces por unidad experimental (Total ocho unidades experimentales). Se elaboraron cuatro dietas isoprotéicas (28% de proteína) e isoenergéticas ($\pm 17,5$ MJ/g) en un diseño que consistió en utilizar dos materias primas no convencionales que aportan proteína (harina de caupí y harina de bore), las cuales suministraron el 10% de la proteína en las dieta, combinadas con dos materias primas que aportaron energía (harina de yuca y harina de zapallo), más una materia prima convencional que aportó proteína (harina de pescado) la cual suministró el 28% de la proteína en las dieta, quedando las dietas así: Dieta 1 (T1) Control: Harina de pescado y harina de yuca; Dieta 2 (T2): Harina de pescado, harina de yuca y harina de caupí; Dieta 3 (T3): Harina de pescado, harina de yuca y harina de bore; y Dieta 4 (T4): Harina de pescado y harina de zapallo. Se llegó a conclusiones en cuanto a la digestibilidad de los tratamientos, que los altos contenidos de fibra y de ceniza en las dietas aportadas por las materias primas evaluadas, son la causa de la baja digestibilidad de los tratamientos. Por lo tanto no se recomienda utilizar niveles de inclusión del 10% de harina de caupí y harina de bore, ni ofrecer la harina de yuca como única fuente de energía en la alimentación para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Casado et al., (2009). Evaluaron el crecimiento de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con cuatro dietas peletizadas isoproteicas (22% PB) e isocalóricas (2500 kcal/kg) conteniendo tres niveles de inclusión (T1=10%, T2=20%, T3=30%) de harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) y una dieta control (T0=0%) durante 135 días. Los tratamientos dietarios fueron distribuidos por triplicado en 12 unidades experimentales con 15 juveniles (23,8 g y 10 cm) cada uno, a una densidad de 1 pez/m². Al final del estudio, no se registró diferencias significativas ($P > 0,05$) en ninguno de los índices de crecimiento (peso y biomasa) e índices zootécnicos (Tasa de crecimiento específico: TCE, índice de conversión alimenticia aparente: ICAA, factor de condición: K, sobrevivencia:

S%) evaluados en los tratamientos dietarios. El investigador concluye harina de trigo regional mostró ser un buen ingrediente alternativo para la alimentación de gamitana hasta una inclusión de 30% en formulaciones balanceadas (*Colossoma macropomum*).

Mercado, (2008). Estudió el efecto de cuatro dietas balanceadas peletizadas a partir del uso de harina de castaña (*Bertholletia excelsa*), harina de pijuayo (*Bactris gasipaes*), y harina de mucuna (*Mucuna pruriens*) en la alimentación de pacos Juveniles (*Piaractus brachypomus*). Para formular las cuatro dietas balanceadas utilizó el método de programación lineal mediante el software ZOOTEC versión 3.0, implantando restricciones de harina de pescado y los otros insumos para nivelarlos isoprotéica e isoenergéticamente a 29% de PB (Proteína Bruta) y 3100 kcal, asignando diferentes porcentajes de inclusión de los insumos estudiados por cada tratamientos: (T1) con 30% de harina de castaña, 15% de harina de pijuayo y 5% de harina de mucuna; (T2) con 33% de harina de castaña, 9,5% de harina de pijuayo y 5% de harina de mucuna; (T3) con 33% de harina de castaña, 10% de harina de pijuayo y 5% de harina de mucuna; y (T) testigo, sin inclusión harinas de los insumos antes mencionados. En cuatro parcelas (cuatro unidades experimentales) de 300 m² se sembró 200 juveniles de paco con pesos iniciales de 221,00±15,91 g por parcela, donde se distribuyeron los tratamientos T1, T2, T3 y T, evaluándose durante 100 días. Al final de la investigación los resultados de inclusión de los insumos estudiados muestran efectos significativos ($P < 0,05$) sobre el peso vivo final de los tratamientos, pero reportan que no hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) para longitud total y ganancia de peso diario. La investigación concluye que el T1 (30% de harina de castaña, 15% de harina de pijuayo y 5% de harina de mucuna) obtuvo parámetros productivos bastante aceptables, con 685,4±106,37 g de peso vivo final; 5,86±1,36 g de ganancia diaria de peso (GDP); 32,68±2,33 cm de longitud total (LT); y 1,10±0,39 g de ICAA; sin embargo el T3 obtuvo el mayor beneficio neto parcial por kilogramo de S/. 7,03.

Rebaza et al., (2008). El objetivo del trabajo fue determinar la factibilidad económica del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada. Los investigadores trabajaron con raciones extruidas porque permiten un mejor aprovechamiento de los nutrientes por los peces, presentan mayor durabilidad en almacenamiento, bajo contenido de polvos finos, mayor estabilidad en el agua y reducida polución. El cultivo de gamitana y paco se realizó en dos estanques de 4300 y 2000 m² de espejo de agua respectivamente, y densidad de siembra de 1 pez/m². Los peces

fueron alimentados con una dieta comercial extruída de 28% de proteína bruta y 3,2 Mcal/kg de energía digestible, con tasas de alimentación inicial 10% y final 1,5% de la biomasa, ofrecidas en tres raciones diarias durante 240 días. Los resultados que obtuvieron en el rendimiento de la producción del cultivo de gamitana y paco fue 9140 kg/ha y 8240 kg/ha en el mismo periodo, evidenciando una buena conversión de los nutrientes presentes en la dieta extruída. Del análisis económico, el Costo Variable Unitario para el cultivo de gamitana fue de S/. 3,03/kg de pescado y para el cultivo de paco fue S/. 2,73/kg de pescado; el margen de ganancia por proceso productivo del cultivo de gamitana fue del 90% y en el cultivo de paco fue 84%, es decir que por cada nuevo sol invertido se obtiene una ganancia contable de 90 céntimos (gamitana) y 84 céntimos (paco), lo que da un margen de ganancia por mes de 8,89% en el cultivo de gamitana y 7,91% en el cultivo de paco, resultando ser estas cifras muy atractivas para las condiciones del mercado financiero. El punto de equilibrio para ambos cultivos fue de 15% de la capacidad utilizada. Los autores concluyen que los indicadores de rentabilidad demostraron ser atractivos económicamente, ya que se obtuvo TIR de 46% y 50% y VAN de S/. 12653,3 y S/. 32349,5 nuevos soles en el cultivo de paco y gamitana con dieta extruída, respectivamente.

Quispe, (2006). En este trabajo se evaluó la inclusión creciente de 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de harina de castaña (*Bertholletia excelsa*) como fuente de proteína vegetal en cinco raciones balanceadas isocalóricas e isonitrogenadas. Para lo cual empleó 1000 alevinos de peso inicial promedio $2,43 \pm 0,37$ g distribuidos en un estanque de 1800 m² de espejo de agua, subdivido en cinco compartimientos (200 peces cada uno), bajo un diseño completamente al azar y alimentados con una tasa inicial y final de 8 y 1,8% respectivamente. Se utilizaron como ingredientes para la preparación de cada una de raciones: Harina de maíz, harina de soya, harina de castaña, harina de pescado, aceite de castaña, polvillo de arroz, carbonato de calcio, fosfato monodivalente, sal y premezcla de vitaminas y minerales. Los tratamientos A, B, C, D y E tuvieron 0%, 10%, 20%, 30% y 40% de inclusión de harina de castaña respectivamente, manteniendo constante el nivel de proteína cruda en cada tratamiento que fue de 25%. Los resultados finales de esta investigación muestran que el Tratamiento D, tuvo un alto nivel de significancia respecto a la variable de peso vivo promedio de $786 \pm 208,01$ g y el que tuvo menor diferencia significativa fue el tratamiento A, con pesos vivos promedio de $610 \pm 135,90$ g. Con respecto a la variable ganancia de peso diario encontró que los tratamientos D y E fueron los que

obtuvieron mayores ganancias de peso diario con valores de $4,30 \pm 0,85$ g y $3,86 \pm 0,96$ g respectivamente, mientras que el tratamiento A registró menor ganancia de peso diario con un valor de $1,91 \pm 0,74$ g. Así mismo con respecto a la variable longitud total, también el tratamiento D presentó mayor crecimiento con valores de $32,32 \pm 3,03$ cm, seguido de los tratamientos E, B, C y A que fueron de 32,58 cm; 31,23 cm; 30,98 cm y 29,47 cm respectivamente. La variable índice de conversión alimentaria (ICA) con el valor satisfactorio obtenido en el presente estudio fué $1,12 \pm 0,28$ en el tratamiento D. El cálculo del nivel óptimo de inclusión de harina de castaña fue de 29,26%, la misma que se sitúa dentro del rango del tratamiento D (30% de harina de castaña), cuyo efecto produjo el mayor crecimiento en las gamitanas experimentadas. Igualmente del análisis económico realizado por el autor mediante el uso de la técnica del Presupuesto Parcial, dedujo el mayor beneficio neto parcial por pescado se observó bajo el efecto del tratamiento D que fue de S/. 5,02. Del mismo modo el autor concluye que la harina de castaña constituye una fuente de proteína vegetal y económicamente importante en la alimentación de *Colossoma macropomum*.

Gutiérrez et al., (1996). Determinó los requerimientos de proteína y energía para pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*), formulando seis dietas experimentales que contenían dos niveles de proteína bruta (27,4% y 29,8%) y tres niveles de energía digestible (2700, 2900 y 3100 kcal/kg de alimento) por cada nivel del proteína, las dietas fueron formuladas para contener dos niveles de metionina+cistina (0,95% para 27,4% de proteína y 1,03% para 29,8% de proteína). Se utilizaron los siguientes ingredientes: harina de pescado torta de soya, maíz amarillo duro y polvillo de arroz, además de aditivos como premezcla de vitaminas y minerales, bentonita (ligante) y BHT (Antioxidante), se usó aceite de pescado que sirvió para ajustar los niveles de energía requeridos. Las dietas experimentales fueron distribuidas por triplicado en grupos de cuatro peces juveniles con pesos promedios de $179,45 \pm 8,39$ g. Las cuatro dietas se suministraron dos veces por día, reajustadas cada dos semanas, durante 90 días. En conclusión el análisis estadístico demostró que niveles mínimos de 29,8% de proteína bruta y 2700 kcal de energía digestible/kg de alimento son los requeridos por juveniles de paco en dietas de crecimiento para obtener una adecuada ganancia de peso y una eficiente retención de proteínas, con una relación energía digestibles/proteínas de 9,0 Kcal/g de proteínas.

2.2. PRODUCCIÓN PISCÍCOLA DE PACO (*Piaractus brachypomus*), EN LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS.

En los últimos 10 años el desembarque pesquero, específicamente del Paco (*Piaractus brachypomus*), viene experimentando un declive en la extracción del medio natural, como se aprecia en la Tabla 01; sin embargo la producción piscícola de la especie en cuestión, muestra una tendencia de incremento considerable, suministrando una mayor oferta al mercado regional de Madre de Dios, tal como se observa en la Tabla 02. El interés por esta actividad se manifiesta en los 263 piscicultores trabajando en 104,36 ha de espejo de agua, reportado por la Dirección Regional de la Producción de Madre de Dios hasta el 2014.

Tabla 01. Desembarque anual de pescado fresco, Paco (*Piaractus brachypomus*) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014.

Desembarque anual de Pescado Fresco “paco” <i>Piaractus brachypomus</i>, en (kg)										
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Producción (kg)	9,935	17,344	7,947	9,366	7,219	9,010	6,370	8,652	4,584	1,967

Fuente: DIREPRO-Madre de Dios, (2014).

Tabla 02. Producción acuícola anual de Paco (*Piaractus brachypomus*) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014.

Producción de “paco” <i>Piaractus brachypomus</i>, en piscigranjas (kg)										
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Producción (kg)	15,011	17,102	13,506	25,647	28,517	53,222	78,210	201,886	297,990	288,234

Fuente: DIREPRO-Madre de Dios, (2014).

2.3. PACO (*Piaractus Brachypomus*).

2.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El Paco *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818), es una especie resistente al manejo en cautiverio, presenta alta docilidad y rusticidad; es resistente a enfermedades (Hernández, 1994) y de fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos no prolongados (Díaz y López, 1995). Su importancia comercial radica en la excelente calidad y sabor de su carne, que le da buena aceptación en el mercado; igualmente, su valor productivo depende de sus hábitos omnívoros que le permite aceptar diferentes tipos de alimentos naturales y artificiales (Mesa y Botero, 2007).

La especie *Piaractus brachypomus* es originaria de la cuenca del río Amazonas tiene una amplia distribución, se lo puede encontrar en todos los grandes tributarios del gran río Amazonas, incluyendo lagunas y lagos (Aliaga, 2004; Atta, 2006).

El adulto de Paco (*Piaractus brachypomus*), presenta una coloración grisácea con reflejos azulados en el dorso y en los flancos. El abdomen es blanquecino con ligeras manchas, la aleta adiposa es carnosa. Los juveniles en cambio suelen tener un color más claro con tonalidades rojo intenso o anaranjado en la parte anterior del abdomen y en las aletas anal y caudal (Erazo y Valles, 2010). *Piaractus brachypomus*, al igual que la mayoría de los carácidos es un pez omnívoro con tendencia frugívora y herbívora, encontrándose dentro de sus ítems alimenticios principalmente frutos y semillas (González, 2001).

A esta especie la reconocen con diferentes nombres de acuerdo al país donde se localice: Caranha (Brasil); Morocoto (Venezuela); Paco (Perú); Pacú (Colombia); Pirapitinga (Brasil); Cachama blanca (Ecuador, Colombia).

2.3.2. TAXONOMÍA DE LA ESPECIE *Piaractus brachypomus*.

La clasificación taxonómica del Paco (*Piaractus brachypomus*) se da de la siguiente forma (Lauzanne y Loubens, 1985):

Superclase: *Gnathostomata*

Clase: *Teleostomi*

Orden: *Characiformes*

Familia: *Serrasalminidae*

Género: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818).

2.3.3. MORFOLOGÍA DE LA ESPECIE *Piaractus brachypomus*.

El *Piaractus brachypomus* posee una morfología bien definida; presenta un cuerpo bastante corpulento, es de color gris, aunque su abdomen resalta teñido de un tono anaranjado oscuro que va desde la aleta anal hasta la mandíbula inferior la cual es achatada, esto impide que los dientes sean visibles si mantienen la boca cerrada, sus fosas nasales son muy prominentes, sus ojos son poco saltones, puede girarlos hasta 180° en horizontal y de forma independiente (Cuvier, 1998).

El hueso opérculo y la cabeza son angostos, en los maxilares superior e inferior tienen dientes molariformes separadas y muy afilados. Puede alcanzar a medir 90 cm de longitud y pesar más de 35 kg (Woynarovich y Woynarovich, 1998).

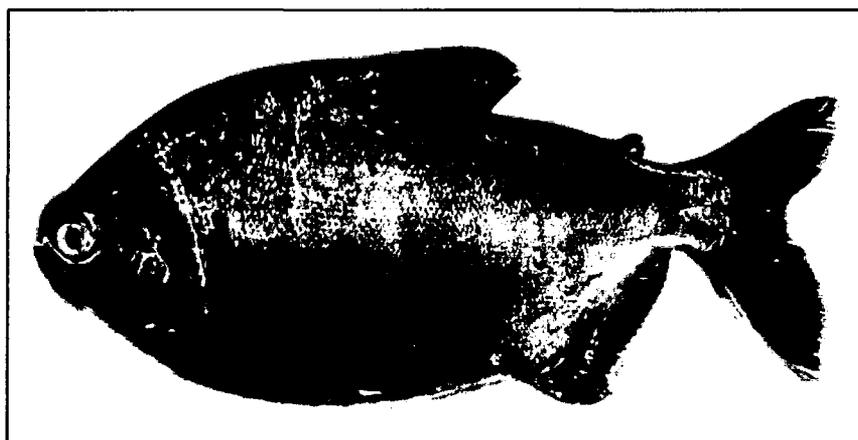


Figura 01. Paco (*Piaractus brachypomus*).

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2006).

2.4. CALIDAD DE AGUA EN EL CULTIVO DE PACO (*Piaractus brachypomus*).

El paco (*Piaractus brachypomus*) es considerada un pez de aguas cálidas, y cuando se cultiva se debe brindar condiciones propicias respecto a los parámetros físico-químicos del agua, para su normal desarrollo. El rango de temperatura en el cual se desarrollan los pacos, está entre 25°C y 32°C, obteniendo el mayor crecimiento entre 25°C y 30°C. Las concentraciones de oxígeno disuelto deben mantenerse entre 3 ppm y 12 ppm, valores que son frecuentes de encontrar en aguas cálidas; es necesario controlar este parámetro, ya que bajas concentraciones pueden causar pérdidas del apetito y retardar el crecimiento, pudiendo llegar hasta la muerte por asfixia. El pH debe fluctuar entre 6,5 a 9, con un óptimo entre 7,5 y 8. En cuanto a alcalinidad y dureza del agua, *Piaractus brachypomus* puede adaptarse y

crecer bien con valores de 30 ppm a 200 ppm; es bueno indicar que en la piscicultura las mejores aguas, respecto a la alcalinidad y dureza, se dan cuando tienen valores similares; pero cuando existe mucha diferencia entre ambos, el pH puede variar fuertemente, fundamentalmente subir a niveles altos durante la fotosíntesis (Benítez y Venegas, 2003; OLDEPESCA, 2010; Poleo et al., 2011).

2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.

Los peces requieren consumir cantidades equilibradas de Proteínas, Carbohidratos, Grasas, Vitaminas y Minerales en su dieta; y que estos aporten suficiente energía, de acuerdo a la especie y la etapa de desarrollo fisiológico para satisfacer su demanda de nutrientes y energía, de manera que puedan desempeñarse óptimamente. Existe escasa información acerca de los requerimientos nutricionales del *Piaractus brachyomus*, sobre todo de la calidad de proteína y perfil de aminoácidos que se usan en las dietas empleadas en el cultivo de esta especie.

2.5.1. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS.

Las proteínas son los principales constituyentes del pez (65 - 75% de su peso seco). De todos los nutrientes es el más importante e indispensable para el buen desempeño en crecimiento y resultados en producción (Landines et al. 2011). El nivel óptimo de proteína en las dietas para peces varían según; la especie y estado fisiológico del pez, calidad de la proteína (digestibilidad, perfil de aminoácidos y procesado), relación proteína/energía, y las condiciones de cultivo y ambientales (Elangovan y Shim, 1997; Albeitar, 2001).

Una ingesta proteica insuficiente conlleva una reducción o cese del crecimiento y una pérdida de peso en los peces (Deng y Wilson, 2003). En caso contrario, un aporte excesivo de proteínas en la dieta implica el que sólo una parte de la misma podrá ser utilizada en la generación de nuevas proteínas y el resto catabolizada para dar lugar a carbohidratos o grasas, o para producir energía (Wilson y Halver, 1986; Landines et al. 2011). No siempre una ración alimenticia con alto contenido de proteína promueve el mejor desempeño productivo de los peces; más importante que la cantidad es su calidad, es decir la presencia del perfil de aminoácidos esenciales, ya que son estos los que finalmente serán depositados en los tejidos bajo la forma nuevas proteínas (Vásquez, 2004). Y los juveniles de *Piaractus brachyomus* requieren de los aminoácidos que se muestran en la Tabla 03 (Vásquez y Arias, 2013).

Para juveniles de *Piaractus brachyomus* se observaron valores óptimos de proteína bruta: 29,8% con peso inicial promedio 179,45±8,39 g (Gutiérrez et al., 1996), 24% con

peso inicial 200 g (Gonzales, 2001), y 28 - 31,6% en *Piaractus brachypomus* con peso inicial promedio $15,52 \pm 0,33$ g (Vázquez et al., 2011). En el mismo género *Piaractus mesopotamicus* estudios reportan niveles óptimos de PB 25% desde 14,0 g (Bechara et al., 2005); 27% desde 15,5 g (Bicudo et al., 2009); y 26% desde 46,7 g (Abimorad et al., 2009).

Tabla 03. Aminoácidos requeridos por juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*).

Aminoácidos	Requerimientos (% de la Dieta)
Arginina	1,62
Histidina	0,56
Isoleucina	1,05
Leucina	1,24
Lisina	1,81
Metionina	0,62
Cistina	0,25
Fenilalanina	1,03
Treonina	1,12
Valina	1,24

Fuente: Vázquez y Arias (2013).

2.5.2. LIPIDOS Y CARBOHIDRATOS.

Los peces requieren lípidos en la dieta, grasas y aceites principalmente, para utilizarlos como fuentes de energía metabólica (Vázquez, 2004). Los lípidos son la única fuente de ácidos grasos esenciales; nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo y crecimiento de los peces. Los ácidos grasos, son la fuente preferida de energía metabólica para el crecimiento, reproducción y natación en los peces (Tocher, 2003). El grupo de lípidos denominados fosfolípidos y particularmente, sus ácidos grasos, tienen un papel generalizado en el mantenimiento de la integridad estructural y funcional de las membranas celulares de los tejidos del pez (Sargent et al., 2002).

Los carbohidratos no son considerados nutrientes esenciales, sin embargo su presencia en las dietas para peces es estratégica, puesto que sirven de aglutinantes y son usadas como fuente de energía para salvar la proteína cuando no hay energía suficiente en la dieta y esto puede mejorar el uso de la misma para el crecimiento de los peces (Lovell, 1998; Sanz, 2009). Los peces omnívoros logran transformar y almacenar el exceso de

carbohidratos en su dieta en forma de lípidos (*Shiau, 1997*). De otro lado, se ha demostrado que su ausencia en la dieta reduce significativamente la ganancia de peso diario a consecuencia directa de una hipotrofia muscular; es decir la reducción del tamaño celular hasta un 50% (*Peragon et al., 1999*).

En juveniles de *Piaractus brachypomus*, observaron respuestas altamente satisfactorias con 36% o más de carbohidratos y 4 - 6% de lípidos en la dieta, los valores mayores al 8% de lípidos afectan negativamente el desempeño (*Vásquez, 2001*). Para el mismo género *Piaractus mesopotamicus* obtuvieron buen crecimiento con valores de 46% de carbohidratos asociado a un valor de lípidos de 4% en la dieta (*Abimorad et al., 2007*).

2.5.3. VITAMINAS Y MINERALES.

Las vitaminas son sustancias orgánicas, esenciales para el crecimiento, mantenimiento, salud y reproducción. La mayoría de las vitaminas que se encuentran presentes en los ingredientes comúnmente utilizados en la fabricación de raciones, no siempre están presentes en las cantidades requeridas por el pez, razón por la cual es recomendable la utilización de suplementos vitamínicos comerciales para garantizar calidad y niveles mínimos en las dietas (*Vásquez, 2004*).

Con respecto a minerales, estas son sustancias inorgánicas, necesarios para el normal funcionamiento de los procesos vitales del pez y dentro de las principales funciones de los minerales en el cuerpo del pez está el de formar parte de la estructura ósea (calcio, fósforo, magnesio, sodio y potasio). Sin embargo los peces absorben minerales del agua a través de sus branquias, siendo el contenido de minerales de ésta es muy importante. De esta manera los peces que habitan en aguas blandas (bajo contenido mineral) requieren suplementos comerciales de minerales en sus dietas.

2.6. DIETAS ALTERNATIVAS PARA EL PACO (*Piaractus brachypomus*).

La alimentación con inclusiones de dietas alternativas en la producción piscícola del *Piaractus brachypomus* es una práctica experimental rutinaria, por los hábitos alimenticios omnívoros de esta especie que muestra capacidad para poder ingerir variedad de alimentos, lo cual se considera de gran potencial para las Investigaciones en este rubro. Y la búsqueda de minimizar costos en la producción piscícola conlleva a la utilización de inclusiones de forrajes, frutos, semillas, subproductos y otros alimentos alternativos propios de la región, en las dietas diarias de los peces, aprovechando sus bondades nutricionales (*Rosas, 2014*).

Sobre la base de las consideraciones señaladas anteriormente, se empleó en el presente trabajo de investigación la inclusión de nuevas dietas en la alimentación de Pacos Juveniles; como son la Torta de Castaña y el fruto de Macambo (pulpa y semilla), productos disponibles en la mayoría de los meses del año y propios de la región de Madre de Dios.

2.6.1. CASTAÑA AMAZÓNICA (*Bertholletia excelsa*).

2.6.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El nombre científico de la castaña es *Bertholletia excelsa* HBK, denominación dada por Humbolt, Bonpland y Kunth (1808). Pertenece a la familia Lecythidaceae que fue dividida en cuatro sub familias; siendo una de ellas la Lecythidoideae, que tiene una sola especie la *excelsa* (Gentry, 1993; Simões, 2004).

La castaña es un árbol de gran porte, que puede llegar a alcanzar hasta los 50 metros de altura y un diámetro de 2 a 4 metros. El fruto es de tipo pixidio o cápsula leñosa en forma de una naranja de unos 8 a 15 centímetros de diámetro; dentro del fruto se encuentran 15 a 20 semillas o almendras (Figueroa, 1976; Arias y Rondón, 2010). Las semillas tienen tamaños y pesos diferentes, presentan un lado cóncavo y dos aplanados; el primero está inmediato a la pared interna del pixidio y los otros dos se aplanan por la presión contra las semillas, se asemejan a los segmentos de la naranja que miden de 3 a 5 cm de largo y pesan de 6 a 12 gramos (Bollati, 1993).

La *Bertholletia excelsa* es originaria de la selva húmeda tropical de la Amazonía que abarca los países de Venezuela, Colombia, Bolivia, Perú, Guayana y Brasil (AEMP, 2012). En el Perú se encuentra distribuida en el sur, en la franja oriental de la región Madre de Dios; la única región en la que se encuentran árboles de castaña en concentraciones suficientes para que su aprovechamiento económico sea viable. De acuerdo a investigaciones preliminares, los bosques naturales de castaña ocupan un área de 2'638,163,97 hectáreas, que representan el 30% de la superficie de esta región (ACCA, 2010). Por ello en el año 2009 el Gobierno Regional de Madre de Dios declaró a la Castaña Amazónica del Perú, mediante Ordenanza Regional, como “**Producto Bandera**” de la región, por su importancia económica, social, ecológica y cultural (Ordenanza N° 017-2009-GRMDD-CR).

2.6.1.2. TORTA DE CASTAÑA.

Cuando las almendras después del proceso de pelado se presentan quebradas o con defectos, sin aceptación para el mercado externo, son descartadas y alternativamente sirven de materia prima para la extracción de aceite (*Gloria y Regitano D'Arce, 2000*), el subproducto que se obtiene de la extracción física del aceite de castaña, mediante prensado o molido de las almendras, es denominada torta (*Telles, 2009*). La torta de castaña es muy nutritiva (*Clay y Clement, 1993*), debido a que contiene un alto valor biológico de proteína vegetal con un adecuado balance de aminoácidos esenciales, y otros nutrientes; tal como se presenta en la Tabla 04 y Tabla 05. Además la torta de castaña posee hasta 95% de digestibilidad, factor importante para su inclusión en las dietas piscícolas (*Mitchell y Beadles, 1937; Telles, 2009*).

La torta puede utilizarse en la confitería, pastelería, masas en general (*Gloria y Regitano D'Arce, 2000*) y como ingrediente en la elaboración de dietas para animales por su excelente valor nutritivo rico en aminoácidos esenciales, que contribuyen en el crecimiento de los animales (*Spini et al. 2006*). La torta también debería de ser aprovechada en el enriquecimiento de alimentos por las funciones de gran relevancia que desempeña en la salud humana (*Souza y Menezes, 2004*).



Figura 02. Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*).

Fuente: Souza y Menezes, (2004).

Tabla 04. Composición nutricional de la Torta de Castaña *Bertholletia excelsa*.

NUTRIENTES %	Souza y Menezes, 2004.	La Molina Calidad Total Laboratorios, 2007.
Humedad	6,70	8,1
Proteína	40,23	38,2
Carbohidratos	7,13	29,1
Grasa	25,13	15,7
Ceniza	8,85	8,9
Fibra	NR ¹	7,6
Energía (Kcal)	NR ¹	410,5

¹) No Realizado

Fuente: Souza y Menezes, (2004); La Molina Calidad Total Laboratorios, (2007).

Tabla 05. Composición de aminoácidos de la Torta de Castaña *Bertholletia excelsa*.

AMINOÁCIDOS	Aminoácidos mg/g de proteína en la Torta de castaña		
	Gloria y Regitano D'Arce, 2000.	Souza y Menezes, 2004.	Venkatachalam y Sathe, 2006.
Isoleucina	37,5	32,4	32,1
Leucina	87,1	67,8	78,9
Lisina	37,1	29,3	24,5
Metionina+Cisteína	95,5	91,6	97,3
Fenilalanina+Tirosina	49,2	59,8	65,3
Treonina	31,6	22,7	22,7
Triptófano	NR ¹	9,0	7,1
Valina	59,2	46,3	47,1

¹) No Realizado

Fuente: Gloria y Regitano D'Arce, (2000); Souza y Menezes, (2004); Venkatachalam y Sathe, (2006).

2.6.2. MACAMBO (*Theobroma bicolor*).

2.6.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El *Theobroma bicolor*, es un árbol que al estado natural en el bosque puede alcanzar entre 25 y 30 metros de altura y 20 a 30 centímetros de diámetro. Cultivado puede tener menores dimensiones, copa oblonga e irregular, conformada por escasos verticilos de tres ramas pendulares que pueden llegar a tocar el suelo (Ruiz, 1993; Flores, 1997).

La producción de frutos se inicia aproximadamente a partir del tercer año cultivo, el árbol de macambo produce alrededor de 15 a 40 frutos por cosecha. La etapa de florecimiento inicia en mayo y la cosecha principal se presenta en los meses de febrero a marzo y de septiembre a octubre (*Rivas y Lozano, 2001*), y si hay abundancia de agua, los árboles producen frutos todo el año. Al madurar el fruto, las hojas que lo rodean se caen, indicando que es tiempo de cosechar (*Furlán y Bressani, 1997*), en la actualidad los frutos maduros se recogen antes de caer al suelo.

El macambo *Theobroma bicolor* se cultiva en la selva peruana, principalmente en los departamentos de Loreto, Ucayali, San Martín, Junín y Madre de Dios, ya que crece bien en regiones con temperaturas medias anual entre 28 °C y 30 °C (*Gonzales, 2007*).

2.6.2.2. FRUTO DEL MACAMBO (*Theobroma bicolor*).

El fruto es una cápsula voluminosa, es la más grande del género *Theobroma*, de unos 15 cm a 35 cm de largo por 12 cm a 15 cm de ancho, con pesos entre 300 g y 4000 g, y las formas varían desde ovaladas hasta redondeadas; la cáscara es leñosa y dura, de 12 mm de espesor, con cinco o muchas fisuras de color amarillo cuando están maduras (*Ruiz, 1993; Flores, 1997*). Cada fruto contiene aproximadamente 38 semillas de color crema y consistencia dura, las semillas son ovales planas de 16 mm a 30 mm de largo y de 14 mm a 25 mm de ancho, y 8 mm a 13 mm de espesor, cubiertas de un arilo grueso y fibroso (*Furlán y Bressani, 1999*).

La pulpa del Macambo es blancuzca o amarillenta de color fuerte, sabor agrí dulce y un aroma entre papaya y guayaba (*Hernández y Barrera, 2004*), se emplea en la fabricación de bebidas refrescantes, helados y chocolates. Las semillas cocidas a la brasa son muy agradables y tienen un gusto harinoso agradable, similar al de las habas cocidas. Es común en la región de Iquitos de Perú, la venta de las semillas ensartadas en alambres (brochette) asadas a la brasa (*Vásquez, 1989; Ruiz, 1993*). En Perú existe una creciente demanda y la posibilidad de industrializarla, puesto que la parte aprovechable representa el 50% del fruto; la pulpa 30% y las semillas 20% (*Melgarejo et al., 2006*); y actualmente la pulpa es usada para la elaboración de mermeladas, néctares y licores, así como para alimentación de peces en piscigranjas, animales menores silvestres y domésticos (*González y Torres, 2010*).

Nutricionalmente el *Theobroma bicolor* se destaca por su alto contenido de proteínas y carbohidratos. Además la pulpa y semilla reportan 177 kcal de energía y son ricas en vitaminas hidrosolubles: retinol, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C; y minerales como: calcio, fósforo y hierro (Félix, 2000), sin embargo no existen estudios, sobre la composición de aminoácidos del fruto de macambo.

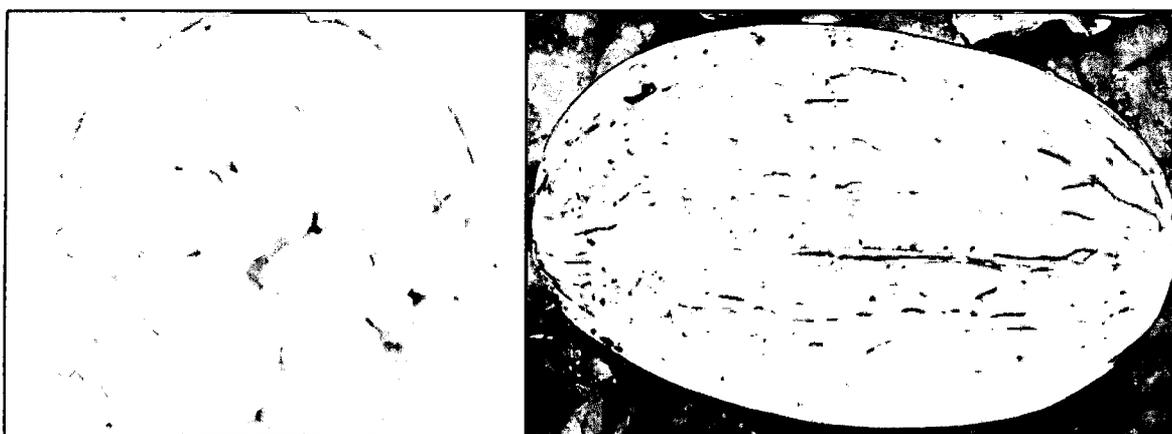


Figura 03. Fruto de Macambo (*Theobroma bicolor*).

Fuente: Gonzáles y Torres, (2010).

Tabla 06. Composición nutricional de la Pulpa y Semilla de Macambo *Theobroma bicolor*.

NUTRIENTES %	SEMILLAS DE MACAMBO	PULPA DE MACAMBO
	Furlán y Bressani, 1999.	SINCHI-UNIAMAZONIA, 2000.
Humedad	5,57	87,90
Proteína	24,42	1,66
Carbohidratos	15,10	7,44
Grasa	25,48	0,48
Ceniza	4,14	1,08
Fibra	30,86	1,44

* A partir de 100 g de muestra.

Fuente: Furlán y Bressani, (1999); SINCHI - UNIAMAZONIA, (2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES.

3.1.1. Material biológico

- 240 juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*)

3.1.2. Instalaciones

- 01 Estanque de tierra de 960 m², 40x24 m (LxA)
- Laboratorio de Química IIAP- Sede Madre de Dios
- Planta de alimentos balanceados IIAP-Sede Madre de Dios

3.1.3. Materiales

- 01 Red anchovetero de 50x4 m (LxA)
- 28 Listones-estacas de madera (3 m de L. y 8 cm de Ø)
- 01 Malla de 25x3 m (LxA)
- 03 Mallas de 11x4 m (LxA)
- Herramientas 01 C/U: cavadora, serrucho, martillo, machete y cuchillo.
- ½ Kilo de clavos de 2''
- 04 Letreros de identificación por tratamiento
- 04 Baldes de 18 L
- 01 Ictiómetro de 60 cm
- 04 Saquillos de polietileno
- Bolsas de plástico de 24x17 cm (LxA)
- 01 Cuaderno de campo, calculadora y lapicero

3.1.4. Equipos y Máquinas

- 01 Motobomba de 10 HP de potencia y sistema de bombeo
- 01 Cámara Fotográfica Digital
- Kits de combinación de agua dulce, marca LaMotte®
- Medidor Multiparámetro marca YSI® modelo 556 MPS
- Máquina extrusora
- Molino de martillo de 15 HP de potencia.
- Mescladora Horizontal de base seca de 1730 rpm.

- 01 Balanza granataria digital Cap. Máx. 25 kg con 0,5 g de sensibilidad, marca KAMBOR®.
- 01 Balanza Analítica de Cap. Máx. 210 g y con 0,0001 g de sensibilidad, marca OHAUS® + Platillos de aluminio OHAUS®.

3.1.5. Insumos y aditivos

- Alimento Comercial Purigamitana 25 PURINA®
- Torta de Castaña
- Pulpa y Semilla de Macambo
- Harina de Maíz Amarillo
- Harina de Soya 44%
- Harina de Pescado 65%
- Almidón de Yuca
- Aceite de Soya
- Sal Común (NaCl)
- DL-Metionina 99%
- L-Lisina HCL 78%
- Carbonato de Calcio
- Fosfato Dicálcico
- Cloruro de Colina
- Premezcla Vit./Mín.
- Agentes conservantes, marca AFLABAN™ y FUNGINAT®

3.2. METODOLOGÍA.

3.2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.

El trabajo de experimental de esta investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, sede Madre de Dios. Ubicado en el km 20 de la carretera interoceánica sur Puerto Maldonado-Cusco, sector “El Castañal”, distrito y provincia de Tambopata de la región de Madre de Dios. Situada en las coordenadas de Altitud entre 250-350 m.s.n.m., de Latitud Sur 11° 35’ y Longitud Oeste 69° 10’, con una temperatura promedio anual de 26°C en el ambiente y precipitación pluvial promedio anual de 2200 mm de agua.

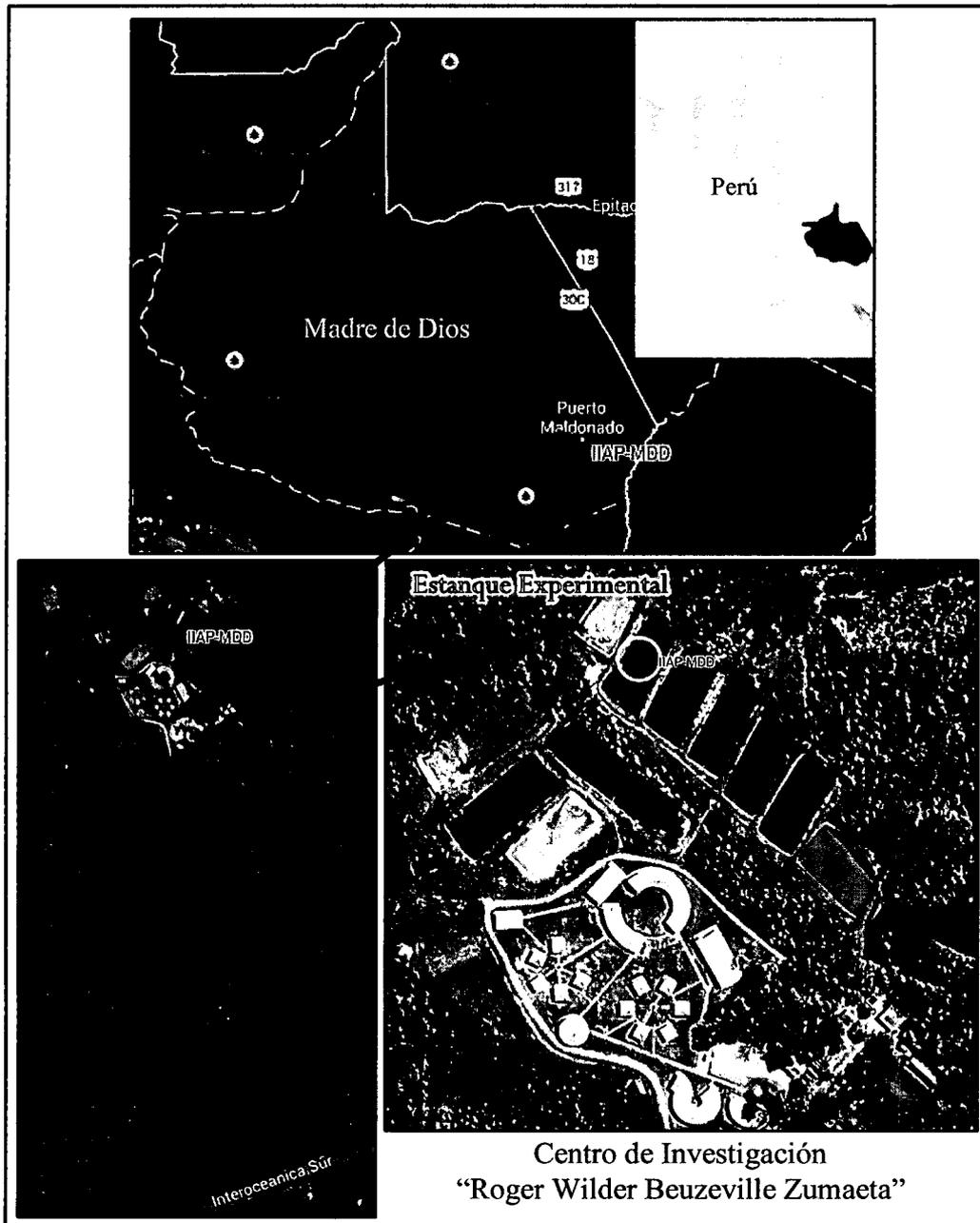


Figura 04. Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana en Madre de Dios.

Fuente: Elaboración Propia, (2014).

3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño corresponde a una investigación tipo experimental, ya que la obtención de los datos se realizó mediante seis muestreos biométricos a cada una de las unidades experimentales evaluadas.

3.2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental adoptado fue un DCA (Diseño completamente al azar), asignando las unidades experimentales a los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y TT) aleatoriamente, con la única restricción del número de unidades experimentales que se tomaron en cada tratamiento, los mismos que correspondieron a 60 peces.

A. POBLACIÓN.

La presente investigación estuvo compuesta por una población total de 240 juveniles de paco (*Piaractus brachyomus*), asignados en 04 unidades experimentales de 60 peces juveniles de paco cada una. Los peces materia de investigación fueron obtenidos del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), sede Madre de Dios, las cuales fueron reproducidos artificialmente en el Laboratorio de Reproducción del Instituto mencionado.

B. MUESTRA.

Para efectos de recolección de información del presente trabajo de investigación, se tomó la muestra de 18 juveniles de paco *Piaractus brachyomus* en los muestreos biométricos por cada unidad experimental (04 unidades experimentales), lo que representa el 30% de la población en las unidades experimentales.

C. TIEMPO DE DURACIÓN DE LA EJECUCIÓN EXPERIMENTAL.

El tiempo de acondicionamiento del estanque y la construcción de los corrales experimentales fueron 9 días, el periodo de obtención de insumos y aditivos más la elaboración de las dietas experimentales fueron 3 días, y el periodo de la evaluación experimental suministrando las dietas experimentales estudiadas a los juveniles fueron 100 días, sumando 112 días totales para la ejecución de la parte experimental de la investigación.

3.2.4. TRATAMIENTOS.

La investigación evaluó tres dietas balanceadas extruidas en base a Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* y fruto de Macambo *Theobroma bicolor*, con diferentes porcentajes de inclusión de torta de castaña e igual proporción de macambo (pulpa+semilla) en las dietas, y una dieta comercial extruida (PURIGAMITANA 25). Las cuatro dietas balanceadas extruidas fueron distribuidas en cuatro Tratamientos (T1, T2, T3 y TT), quedando los tratamientos como se detalla a continuación:

- 🐟 Tratamiento 1 (T1) = 25% de torta de castaña + 20% de macambo (pulpa+semilla).
- 🐟 Tratamiento 2 (T2) = 30% de torta de castaña + 20% de macambo (pulpa+semilla).
- 🐟 Tratamiento 3 (T3) = 35% de torta de castaña + 20% de macambo (pulpa+semilla).
- 🐟 Tratamiento Testigo (TT) = Alimento comercial Purina (PURIGAMITANA 25).

3.2.5. OBTENCIÓN DE LA TORTA DE CASTAÑA Y MACAMBO.

Los ingredientes o insumos alternativos que se estudiaron en el presente trabajo de investigación, se obtuvieron ambos en la región de Madre de Dios, exactamente la Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*) fue adquirida de NEGOCIOS AGRORURAL TAMBOPATA S.A.C., empresa dedicada a la venta de productos derivados de la castaña, la misma que se encuentra ubicada en la Av. Amazonas N° 367, en la ciudad de Puerto Maldonado en el distrito y provincia de Tambopata; y el fruto de Macambo (*Theobroma bicolor*) se cosechó de las parcelas agroforestales de la estación experimental "FITZCARRALD" del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, sede Madre de Dios, ubicada en la carretera Interoceánica Sur a 21,5 kilómetros de la ciudad de Puerto Maldonado a Cusco.

3.2.6. FORMULACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

Para la formulación de las tres dietas experimentales que contenían torta de castaña *Bertholletia excelsa* y macambo *Theobroma bicolor* se utilizó el software ©Zootec 3.0 2005, que permite formular raciones a mínimo costo y está basado en la técnica de Programación Lineal (PL). De tal manera que se implantaron restricciones a la Torta de Castaña con niveles fijos de inclusión con 25% para el T1; 30% para el T2 y 35% para el T3. De la misma manera se establecieron niveles fijos de inclusión para el macambo (Pulpa+semilla) de 20 % para los tratamientos 1, 2 y 3.

Todos los demás macroinsumos; harina de pescado, harina de soya y harina de maíz amarillo, empleados en la formulación de las dietas experimentales tuvieron niveles variables con el propósito de nivelar las dietas Isoprotéicas e Isoenergicamente y de este modo tener dietas experimentales iguales para los tratamientos 1, 2 y 3 (ver Tabla 07). En cuanto a micro-insumos, éstas tuvieron restricciones, correspondiéndoles niveles fijos con valores iguales para todas las dietas experimentales de los tratamientos 1, 2 y 3.

Tabla 07. Composición porcentual de los Insumos, Aditivos y Nutrientes de las Dietas Experimentales formuladas para juveniles de Paco, en los tratamientos.

INGREDIENTES	% DE INCLUSIÓN DE INSUMOS Y ADITIVOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES		
	T1	T2	T3
Torta de Castaña	25,00	30,00	35,00
Macambo (Pulpa+Semilla)	20,00	20,00	20,00
Harina de Maíz Amarillo	27,00	23,00	22,50
Harina de Soya [44%]	6,50	8,50	6,00
Harina de Pescado [65%]	15,00	12,00	10,00
Almidón de Yuca	0,50	0,50	0,50
Aceite de Soya	3,00	3,00	3,00
Sal Común	0,70	0,70	0,70
DL-Metionina [99%]	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCL [78%]	0,05	0,05	0,05
Carbonato de Calcio	0,80	0,80	0,80
Fosfato Dicalcico	0,70	0,70	0,70
Cloruro de Colina	0,05	0,05	0,05
Premezcla Vit./Min.	0,30	0,30	0,30
Aflaban	0,25	0,25	0,25
Funginat	0,05	0,05	0,05
TOTAL	100%	100%	100%

NUTRIENTES	% DE NUTRIENTES EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES		
	T1	T2	T3
Materia Seca	74,43	74,89	75,32
Proteína Cruda	25,23	25,87	25,44
Fibra Cruda	6,66	7,04	7,24
Extracto Etéreo	10,82	11,51	12,36
Calcio	4,98	4,87	4,78
Fósforo	0,52	0,45	0,39
Sodio	0,41	0,39	0,37
Arginina	3,05	3,44	3,74
Lisina	1,52	1,52	1,45
Metionina	0,78	0,79	0,79
Metionina+Cistina	1,91	2,10	2,27
Treonina	0,99	1,00	0,97
Triptófano	0,28	0,29	0,28
Energía Metabolizable (Kcal/kg)	2860	2840	2860
PRECIO S/./kg	1,81	1,74	1,66

Fuente: Elaboración propia, en base a las formulaciones realizadas empleando el Software ©Zootec 3.0 2005, (2014).

La formulación de las dietas experimentales para los 3 tratamientos que se mencionan en la Tabla 07, se realizaron de acuerdo a los requerimientos proteicos y energéticos requeridos por el paco *Piaractus brachypomus* en la etapa juvenil. Por otro lado, es necesario recalcar y como sea expuesto anteriormente, que la dieta experimental del Tratamiento 4 fue un alimento comercial extruido, y por consiguiente no se realizó su formulación, pero sí es importante dar a conocer su composición bromatológica (Ver Tabla 08).

Tabla 08. Composición bromatológica del Alimento Comercial Purigamitana 25.

COMPOSICIÓN PURIGAMITANA 25 (6 mm)	
Proteína	25,00 %
Grasa	4,00 %
Fibra	6,00 %
Humedad	13,00 %
Ceniza	12,00 %

Fuente: Ficha técnica Purigamitana 25, Agribrands Purina Perú S.A.

3.2.7. ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

Las dietas experimentales de los tratamientos 1, 2 y 3; fueron elaboradas en la planta de alimentos balanceados del Centro de Investigación “Roger Wilder Beuzeville Zumaeta” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, sede Madre de Dios (IIAP-MDD). Las dietas se elaboraron de acuerdo a las formulaciones y las cantidades de insumos y micro-insumos señaladas en la Tabla 07, que cubrieron los requerimientos alimentarios para el paco (*Piaractus brachypomus*) en la etapa juveniles, durante el periodo de evaluación de la investigación (100 días de cultivo).

3.2.7.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

En el proceso de elaboración de las dietas experimentales formuladas para los Tratamientos (T1, T2 y T3); se realizaron una serie de operaciones, como se muestran en el flujograma del proceso de elaboración de las dietas en la Figura 05.

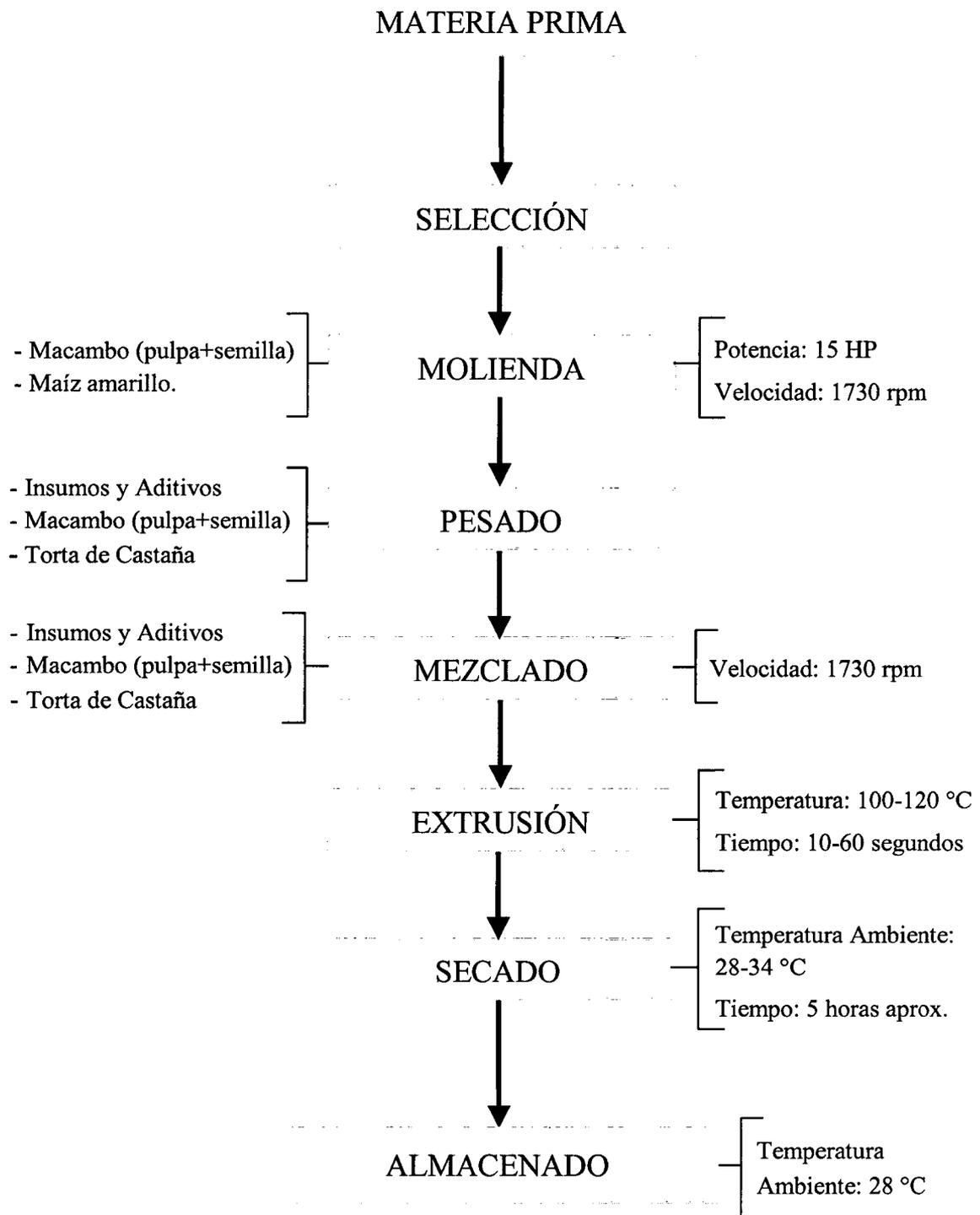


Figura 05. Flujograma del proceso de elaboración de las Dietas Experimentales.

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2014).

3.2.7.1.1. DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA.

- A. **Materia Prima:** Consistió en adquirir las materias primas necesarias para las dietas.
- B. **Selección:** Se realizó la selección de las materias primas sanas o en buen estado.
- C. **Molienda:** Se realizó la molienda del maíz amarillo y el macambo (pulpa+semilla) en el molino de martillo. La pulpa y semilla del macambo fueron mezcladas con la harina de maíz amarillo que se molió antes, con el fin de bajar la humedad de la pulpa y facilitar el molido.
- D. **Pesado:** Se pesaron las cantidades requeridas de insumos y aditivos para cada dieta experimental por separado en la balanza granataria digital. Ya que la exactitud en los pesos garantiza que los ingredientes estén en las proporciones correctas, según las formulaciones para cada dieta experimental.
- E. **Mezclado:** Se mezclaron por separado todos los ingredientes ya pesados para cada dieta formulada. Consistió en homogenizar cada uno de los ingredientes que componen las formulaciones. El mezclado asegura que cada pellets contenga todas las sustancias nutritivas y garantiza que el pez reciba una dieta equilibrada.
- F. **Extrusión:** Según sus formulaciones las mezclas pasaron al proceso de extrusión a través de una máquina extrusora. El proceso de cocción-extrusión tuvo temperaturas entre 100-120 °C por 10-60 segundos. El tamaño del pellets obtenido fué 5 mm de diámetro con longitud dos veces al diámetro.

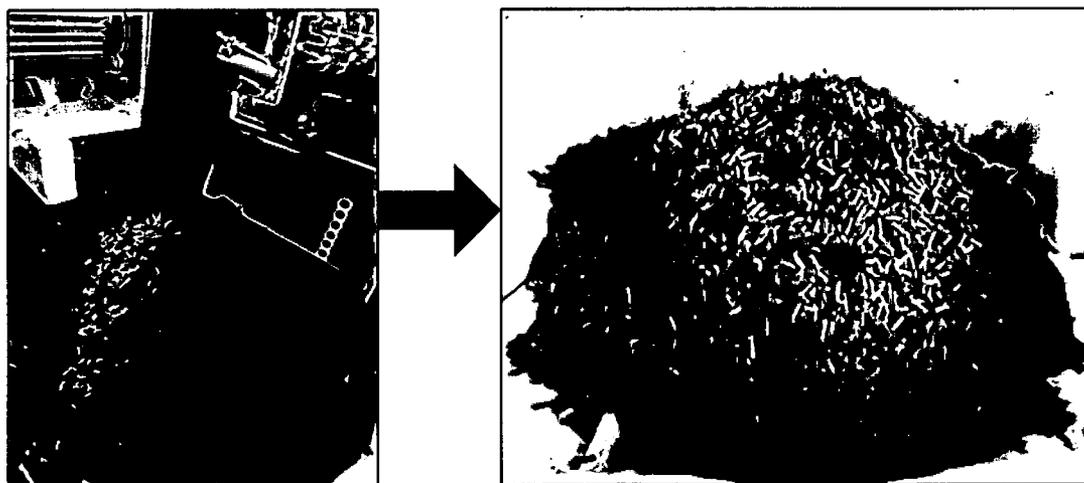


Figura 06. Pellets obtenidos en el proceso de Extrusión.

Fuente: Propia, (2014).

G. Secado: Para evitar que el producto se deteriore por de exceso de humedad, se efectuó el secado solar de las dietas en mantas de polietileno durante 5 horas.

H. Almacenado: Las dietas experimentales fueron almacenadas por separado en saquillos de polietileno (capacidad 50 kg) debidamente rotulados, para protegerlos de la humedad y conservarla a temperatura ambiente.

3.2.8. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

En el transcurso de la evaluación experimental de la investigación se envió a realizar el análisis bromatológico de las cuatro Dietas Experimentales, la Torta de Castaña y la Pulpa del Macambo en el Laboratorio de Bioquímica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-UNSAAC, determinándose: humedad, proteína, carbohidratos, grasa, fibra, ceniza, pH y acidez, tal como se muestra en las Tablas 09 y 10.

Tabla 09. Composición bromatológica de las Dietas Experimentales.

Componentes %	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	TT
Humedad	13,3	13,8	11,7	11,9
Proteínas	27,0	25,0	26,0	27,0
Carbohidratos	42,2	43,6	45,5	44,0
Grasa	6,3	6,2	6,0	3,6
Ceniza	9,7	9,4	9,3	11,3
Fibra	1,5	2,0	1,5	2,2
pH	6,8	6,8	6,8	6,8

Fuente: Análisis bromatológico - Laboratorio Bioquímica UNSAAC, (2014).

Tabla 10. Composición bromatológica de la Torta de Castaña y Pulpa de Macambo.

Componentes %	PULPA DE MACAMBO	TORTA DE CASTAÑA
Humedad	85,2	13,9
Proteína	0,9	35
Carbohidratos	10,6	31,8
Grasa	0,3	6,9
Ceniza	0,4	11,4
Fibra	2,5	1,0
pH	6,1	6,7
Acidez (ácido cítrico)	0,23	NR ¹

¹⁾No Realizado

Fuente: Análisis bromatológico - Laboratorio Bioquímica UNSAAC, (2014).

El análisis bromatológico de las cuatro dietas experimentales confirma la efectiva formulación hecha con en el programa [®]Zootec 3.0, y revela que las dietas cumplen con los requerimientos nutricionales para juveniles de paco. Constatando con autores como *Vásquez et al.*, (2011), que recomiendan niveles de proteína entre 24% y 31,6%; *Vásquez*, (2001) que sugiere 4% a 8% de grasa y 20% a 40% de carbohidratos en las dietas (*Furuichi*, 1988).

3.2.9. ACONDICIONAMIENTO DE LOS CORRALES EXPERIMENTALES.

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en un estanque de tierra de 960 m² con 40 m de largo y 24 m de ancho, para ello fue necesario acondicionarlo; realizándose primeramente la limpieza del fondo del estanque, que consistió básicamente en eliminar malezas y retirar todo tipo de objetos que obstaculizaban el trabajo en el estanque.

Seguidamente, en una cuarta parte del área total del estanque, se dividieron cuatro corrales de 10 m de largo por 6 m ancho (60 m²), utilizándose listones-estacas de madera que fueron prendidas en el fondo del estanque en forma vertical y horizontal, a los cuales se sujetaron las mallas anchoveteras; que sirvieron como separadores o barreras de cada corral experimental con otro. Finalmente se efectuó el llenado de agua al estanque, a través del bombeo, hasta aproximadamente 1,5 m de profundidad de agua.



Figura 07. Acondicionamiento y construcción de Corrales Experimentales.

Fuente: Propia, (2014).

Cada corral representó una unidad experimental y a cada una de las unidades experimentales se le asignó al azar un tratamiento (T1, T2, T3 y TT), como se muestra en la Figura 08, y estas fueron distinguidas con sus respectivos letreros de identificación.

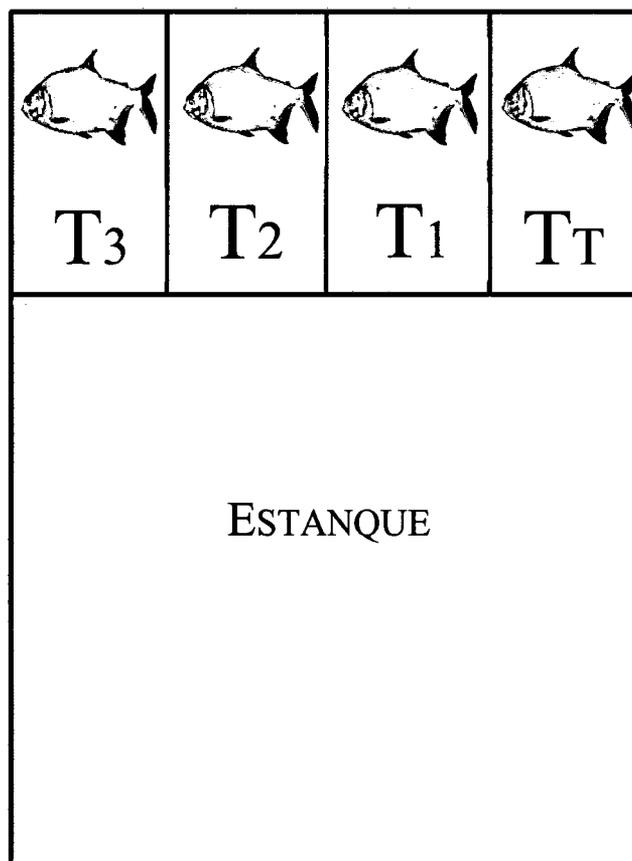


Figura 08. Distribución de los Tratamientos a las Unidades Experimentales.

Fuente: Elaboración Propia, (2014).

3.2.10. SIEMBRA DE LOS JUVENILES DE PACO (*Piaractus brachypomus*).

Para el proceso de siembra se colocaron en sacos de polietileno con agua cada 30 juveniles de paco; previamente medidos (cm), pesados (g) y contados con la finalidad de obtener información sobre su tamaño en longitud, peso y sembrar la cantidad exacta de peces en cada corral; luego inmediatamente se trasladaron a las unidades experimentales y aquí el agua de los sacos de polietileno se mezcló con el agua del estanque por aproximadamente 15 minutos, para nivelar la temperatura (aclimatación) del agua de los sacos con la del agua del estanque, finalmente se liberaron los juveniles de paco a cada unidad experimental.

La siembra de los juveniles se realizó a una densidad de 1pez/m² de espejo de agua y cada unidad experimental estuvo constituidas por 60 juveniles de *Piaractus brachypomus*,

que hicieron una población total de 240 peces sembrados. Los peces se sembraron con longitudes y pesos promedio inicial de 20,36±0,85 cm y 161,75±20,21 g (Tratamiento 1); 20,23±0,56 cm y 168,75±11,46 g (Tratamiento 2); 20,18±0,76 cm y 162,50±20,55 g (Tratamiento 3); y 20,09±0,61 cm y 154,00±17,52 g (Tratamiento Testigo).

3.2.11. ALIMENTACIÓN.

El suministro del alimento de los peces se llevó a cabo en dos entregas diarias, por la mañana entre las 08:00 y las 09:00 horas y por la tarde entre las 15:00 y las 16:00 horas, la distribución del alimento se realizó en un solo lugar y en forma manual; lanzando al voleo el alimento sobre una superficie amplia dentro de cada unidad experimental. Se inició con una tasa de alimentación de 4% y a medida que se realizaron los muestreos biométricos, los niveles de la tasa de alimentación se ajustaron; a consecuencia del crecimiento de los peces (Ver Tabla 11) y para reajustar de la cantidad de alimento a suministrar.

Tabla 11. Tasa de Alimentación para Paco y Gamitana.

PESOS PROMEDIO (g)	TASA DE ALIMENTACIÓN %
50 - 100	5
100 - 200	4
200 - 300	3
300 - 400	2,5
400 - 500	2
500 - 600	1,5
600 - 700	1,2
700 - 800	1

Fuente: Rebaza, (2004).

La cantidad de alimento suministrado diariamente y durante todo el periodo de evaluación experimental se determinó mediante las formulas siguientes:

3.2.11.1. Biomasa.

Es el peso total de los peces en el estanque. Se calculó multiplicando el peso promedio por el número total de peces, así:

$$BIOMASA = \text{Peso promedio} \times N^{\circ} \text{ Total de peces}$$

3.2.11.2. Ración Diaria (RD).

Es la cantidad de alimento (en kilogramos o gramos) a suministrar por día. Se determina mediante la fórmula:

$$RD = \frac{\text{Tasa de alimentación} \times \text{Biomasa}}{100}$$

3.2.11.3. Alimento Suministrado en el Periodo (AS).

Es la cantidad de alimento (en kilogramos o gramos) suministrado en el periodo de experimentación. Esta defina como la ración diaria multiplicada por el total de días de consumo de alimento, así:

$$AS = \text{Ración diaria} \times \text{Total de días de consumo de alimento}$$

Después de determinar la cantidad de alimento a suministrar a los juveniles de paco por cada unidad experimental, éstas se pesaron utilizando la balanza granataria digital en bolsas de polietileno debidamente identificadas con rótulos (T1, T2, T3 y TT), tal como se observa en la Figura 09.

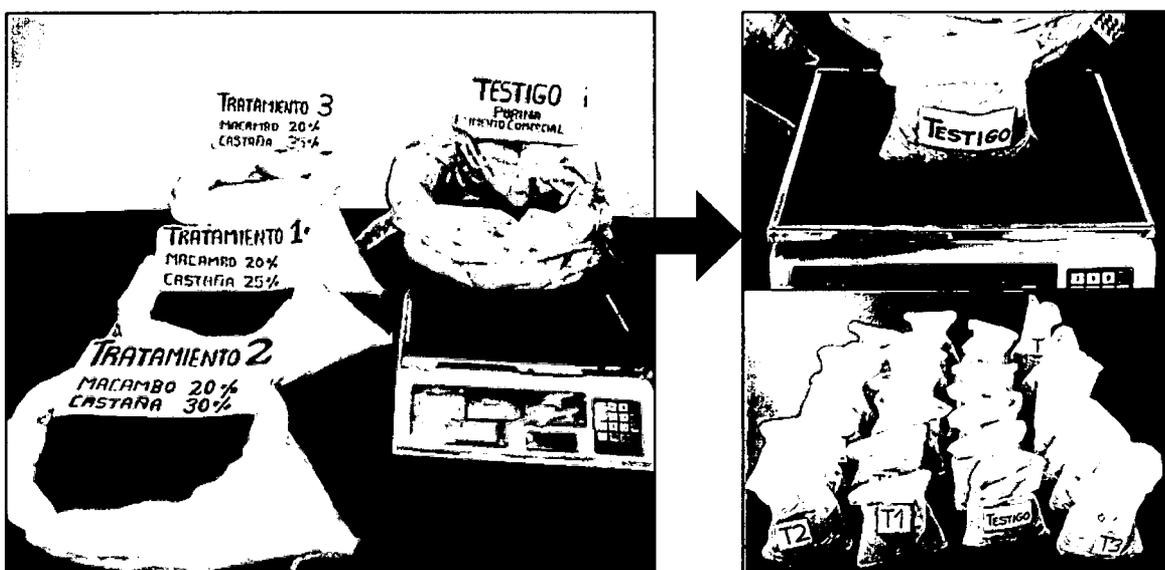


Figura 09. Pesado de las Dietas Experimentales para cada Tratamiento.

Fuente: Propia, (2014).

3.2.12. MUESTREOS BIOMÉTRICOS.

Los muestreos biométricos se realizaron cada 20 días a las 4 unidades experimentales (T1, T2, T3 y TT), con el fin de determinar el incremento de la longitud total (cm) e incremento del peso (g), reajustar la ración de alimento a suministrar y conocer el estado de salubridad de los juveniles de paco, dejando de alimentar a los peces un día antes del muestreo y continuando con la alimentación normal el mismo día, después de realizado muestreo biométrico.

La primera evaluación biométrica de las unidades experimentales se realizó el mismo día de la siembra, registrando longitud total (cm), peso (g), e índice hepatosomático (1pez/unidad experimental) en cada una de las unidades experimentales estudiadas.

Para la captura de los peces se utilizó una red anchovetera de 50x4 m (LxA) operada por 3 personas, luego 18 juveniles de paco (muestra) fueron colocados en baldes de plástico de 18 L con agua, prosiguiendo a registrar longitud (cm) utilizando un ictiómetro de 60 cm y peso (g) con una balanza granataria digital. Posteriormente los ejemplares evaluados recibieron un baño profiláctico en una solución salmuera (20 g de cloruro de sodio/ litro de agua) por lapso de tiempo de 5 minutos aproximadamente, como medida preventiva de patógenos por el manipuleo, al término del mismo se devolvieron los peces a sus respectivas unidades experimentales.

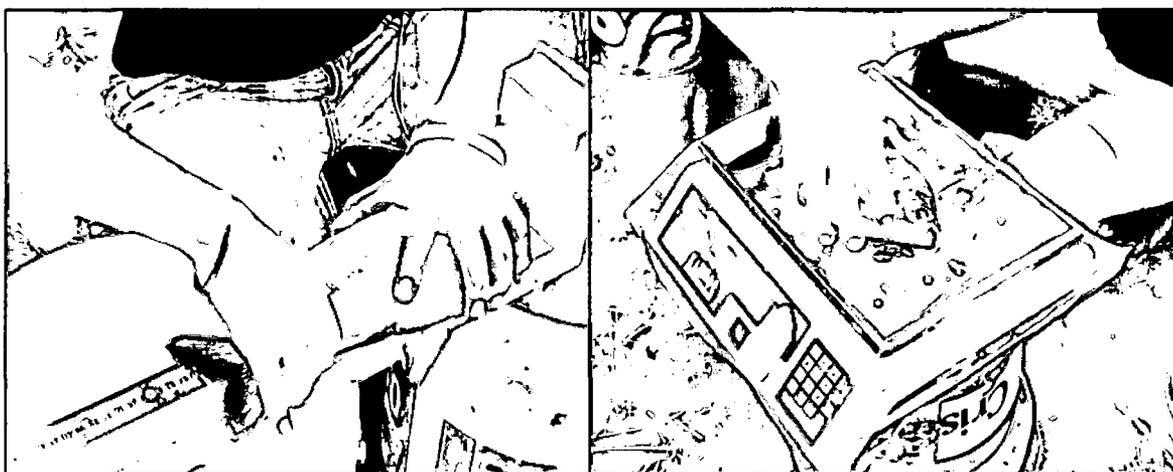


Figura 10. Muestreos biométricos de Longitud Total y Peso de los Juveniles de Paco.

Fuente: Propia, (2014).

3.2.13. ÍNDICES DE CRECIMIENTO Y ZOOTÉCNICOS.

En el desarrollo de los peces existen diferentes indicadores que van midiendo la productividad, y que se constituyen en los indicadores técnicos para medir el desempeño productivo, permitiendo realizar una evaluación del manejo que se ejecuta en una producción determinada (Russell, 2008). Se evaluaron los índices de crecimiento y zootécnicos descritos por Castell y Tiews (1980), para conocer el crecimiento en longitud y peso de los peces, el estado de salubridad y el aprovechamiento del alimento proporcionado. Se estudiaron, los siguientes índices de crecimiento e índices zootécnicos:

3.2.13.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO.

A. Ganancia de Peso (GP).

Se determinó restando el peso promedio final menos el peso promedio inicial.

$$GP = \bar{X} \text{ Peso final} - \bar{X} \text{ Peso Inicial}$$

B. Longitud Ganada (LG).

Se determinó restando longitud promedio final menos longitud promedio inicial.

$$LG = \bar{X} \text{ Longitud Final} - \bar{X} \text{ Longitud Inicial}$$

C. Biomasa Ganada (BG).

Se determinó restando la biomasa promedio final menos la biomasa promedio inicial.

$$BG = \bar{X} \text{ Biomasa final} - \bar{X} \text{ Biomasa inicial}$$

3.2.13.2. ÍNDICES ZOOTÉCNICOS.

A. Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA).

El índice de conversión alimenticia aparente está definido como la cantidad de alimento o ración necesaria para que el pez obtenga 1 kg de peso, cuya fórmula es la siguiente:

$$\text{ICAA} = \frac{\text{Cantidad de Alimento Suministrado}}{\text{Ganancia de peso}}$$

B. Ganancia de Peso Porcentual (%GP).

Es el porcentaje de crecimiento que corresponde al incremento porcentual que experimenta el peso corporal de un pez o una población finita, en un periodo de tiempo determinado (diario, semanal, o mensual). Se obtuvo multiplicando por cien el resultado de la división de la ganancia de peso entre el peso final, como se aprecia en la fórmula:

$$\%GP = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

C. Coeficiente de Variación de Peso (CVP).

El CVP nos indica la dispersión que tiene la población, por lo tanto, mientras más dispersa sea la misma mayor será el CVP y a su vez mas necesaria la clasificación, para un mejor aprovechamiento del alimento y del potencial de crecimiento de los peces. Cuando el CVP es menor al 20% indica que los datos de pesos entre los peces son homogéneos y mayor al 20% es necesario realizar una clasificación. Se determina:

$$CVP = 100 \left(\frac{\text{Desviación estandar del Peso Final}}{\text{Peso promedio Final}} \right)$$

D. Tasa de Crecimiento Específico (TCE).

El crecimiento también puede ser expresado como el porcentaje de peso ganado por día (%/día). Estima la tasa de crecimiento diario o ganancia media de peso por día. Es así que la TCE puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$TCE = \frac{\text{Ln(Peso Final)} - \text{Ln(Peso Inicial)}}{\text{Tiempo en días}} \times 100$$

E. Eficiencia del Alimento (EA).

Es la eficiencia del alimento en el desempeño de crecimiento de los peces. Este indicador se determina con la fórmula siguiente:

$$EA = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Alimento Suministrado}}$$

F. Factor de Condición Corporal (K).

Usado como una estimación aproximada de la contextura de los peces, dado que describe la relación que existe entre la longitud del pez y su peso, por lo que se relaciona directamente con la alimentación, estado de nutrición y estrés a cual se ha sometido. Entre dos peces de longitud y pesos iguales, el mejor tendrá un valor K mayor, es decir que se encontrará en mejores condiciones fisiológicas. Se calcula mediante:

$$K = \frac{\text{Peso}}{(\text{Longitud})^3} \times 100$$

G. Índice Hepatosomático (IHS).

Se determinó en el último muestreo biométrico de la investigación (1 pez/unidad experimental), registrando peso corporal total (g) y el peso del hígado (g) en los ejemplares sacrificados. Nos da una estimación aproximada del estado de salud, dado que describe la relación entre el tamaño del cuerpo y el tamaño del hígado del pez. Un IHS mayor implica unas reservas energéticas mayores almacenadas en el hígado del pez.

$$\text{IHS} = \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso total}} \times 100$$

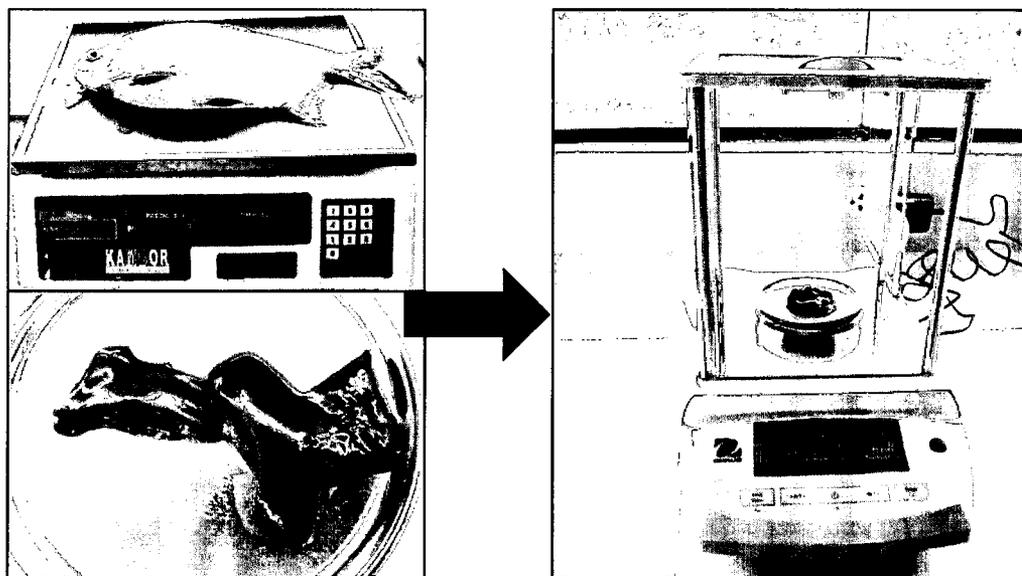


Figura 11. Ejemplar sacrificado para determinar el Índice Hepatosomático.

Fuente: Propia, (2014).

H. Supervivencia (S).

Se obtuvo multiplicando por 100 el resultado de la división del número de peces cosechados entre el número sembrados.

$$S = \frac{\text{N}^\circ \text{ cosechado}}{\text{N}^\circ \text{ sembrado}} \times 100$$

3.2.14. DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE INCLUSIÓN DE TORTA DE CASTAÑA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

La determinación del nivel óptimo de inclusión de Torta de Castaña en las dietas experimentales formuladas se efectuó en función al Peso Final de los juveniles al finalizar la investigación. La ecuación de regresión polinomial que permitió determinar el nivel óptimo de inclusión de Torta de Castaña fue:

$$y = ax^2 + bx + c$$

Donde:

y = Variable de respuesta

c = Intercepto de la regresión

a, b = Coeficientes de la regresión

x = Porcentaje de Inclusión de Torta de Castaña

Una vez establecido la ecuación de regresión polinomial, se halló los máximos y mínimos de la función utilizando el criterio de la primera derivada, y posteriormente por el método de mínimos cuadrados se determinó el nivel óptimo de inclusión de Torta de Castaña en las tres dietas experimentales formuladas, que permitió obtener el máximo crecimiento en peso de los juveniles de paco al final de los 100 días de cultivo.

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b = 0$$

3.2.15. ANALISIS ECONÓMICO.

Si se tiene en cuenta el impacto del costo del alimento en la producción piscícola, es fundamental que se evalúe cuál es la decisión más conveniente a la hora de elegir un alimento, tratando de abaratar los costos para no afectar de alguna manera la rentabilidad de la producción. Hecha la consideración anterior, se efectuó un análisis de Presupuestos Parciales, el cual indica que no todos los costos de producción, ni tampoco todos los beneficios, se incluyen en el presupuesto, sino aquellos que son pertinentes para tomar decisiones en una actividad (*Norman et al., 1995*). Es decir, el Presupuesto Parcial sirve para comparar el impacto de un cambio de la producción sobre las utilidades y costos de la actividad productiva, y es empleado comúnmente en proyectos de desarrollo agropecuarios (*McConnell y Dillon, 1997*).

3.2.16. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.

Se registraron los parámetros físico-químicos del agua en horas de la mañana (08:00 a.m. - 09:00 a.m.) y una vez al día por cada semana, en un punto estratégico dentro del área de los corrales experimentales, con la finalidad de tener datos homogéneos. Los parámetros que se monitorearon estuvieron en base a la importancia que tienen dentro del cultivo de paco *Piaractus brachyomus* con el fin de establecer la incidencia de dichos parámetros sobre el desarrollo de los peces. Determinándose:

3.2.16.1. PARÁMETRO FÍSICO.

- A. Temperatura (°C):** Se determinó con el Medidor Multiparámetro YSI® 556 MPS (Rango: -5 a 45 °C, Precisión: $\pm 0,15$ °C y Resolución: 0,1 °C).

3.2.16.2. PARÁMETROS QUÍMICOS.

- A. Oxígeno disuelto (mg/L):** Se determinó con el Medidor Multiparámetro YSI® 556 MPS (Rango: 0 a 50 mg/L, Precisión: 0 a 20 mg/L; $\pm 2\%$ (0,2 mg/L) de la lectura y 20 a 50 mg/L; $\pm 6\%$ (0,6 mg/L) de la lectura, Resolución: 0,01 mg/L).
- B. pH:** Se determinó con el Medidor Multiparámetro YSI® 556 MPS (Rango: 0 a 14 unidades y Precisión: $\pm 0,2$ unidades).
- C. Alcalinidad (ppm CaCO₃):** Se determinó utilizando el Kits de agua Lamotte® (Alcance: 0 a 200 ppm como CaCO₃ y Sensibilidad: 4,0 ppm).

D. Dureza (ppm CaCO₃): Se determinó utilizando el Kits de agua Lamotte® (Alcance: 0-200 ppm como CaCO₃ y Sensibilidad: 4,0 ppm).



Figura 12. Registro de los parámetros físicos y químicos del agua del estanque de cultivo.

Fuente: Propia, (2014).

3.2.17. ANÁLISIS DE DATOS.

Todos los datos obtenidos de los muestreos biométricos como: longitud (cm) y peso (g) fueron procesados en hojas de cálculo de Microsoft office Excel 2013, y fueron evaluados estadísticamente por el análisis de varianza (ANOVA) de un factor a nivel de 5% de probabilidad de acuerdo con *Banzatto y Kronka* (1989). En caso de existir diferencia significativa en el ANOVA se aplicó la prueba de comparación de promedios (Prueba de Tukey) a nivel de 5% de probabilidad, para ambas pruebas se utilizó el programa estadístico SPSS 22 (*Statistical Package for Social Sciences, USA*).

Igualmente toda la información de los índices de crecimiento, índices zootécnicos y parámetros físico químicos del agua, que se registraron fueron procesados haciendo uso de hojas de cálculo de Microsoft office 2013.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO.

En la Tabla 12 se muestran los valores de los índices de crecimiento en el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) por cada tratamiento (T1, T2, T3 y TT) estudiado. En el primer muestreo biométrico (siembra) realizado, los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) tuvieron longitudes y pesos promedios iniciales de 20,36 cm y 161,75 g para T1; 20,23 cm y 168,75 g para T2; 20,18 cm y 162,50 g para T3; y 20,09 cm y 154,00 g para TT, respectivamente. Y al final del estudio los juveniles de paco alcanzaron longitudes y pesos promedios finales en los tratamientos: T1 (31,43 cm y 573,61 g); T2 (32,34 cm y 645,56 g); T3 (20,18 cm y 526,67 g); TT (20,09 cm y 599,44 g), llegando a obtener un tamaño (longitud y peso) comercial en los cuatro tratamientos, lo que indica un desarrollo positivo de los peces cultivados.

En líneas generales, se observó que los peces del T2 tuvieron el mejor rendimiento con respecto al crecimiento en longitud y peso, registrando 12,12 cm de **longitud ganada (LG)**; 476,81 g de **ganancia de peso (GP)**; 4,77 g/día de **ganancia de peso diario (GPD)** y 25380,56 g **biomasa ganada (BG)** frente a los tratamientos T1, T3 y el TT que obtuvieron valores menores a los mencionados, las que se aprecian detalladamente en la Tabla 12. De acuerdo a esos resultados obtenidos en rendimiento de **Longitud Ganada (LG)**, **Ganancia de Peso (GP)** y **Biomasa Ganada (BG)**, la secuencia de los tratamientos es: T2 > TT > T1 > T3, al concluir los 100 días de cultivo de los juveniles de paco estudiados en el presente trabajo de investigación.

Tabla 12. Índices de Crecimiento, obtenidos a los 100 días de cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con tres dietas conteniendo tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (25%, 30% y 35%) e igual nivel de inclusión de Macambo (20%) del T1, T2, T3 respectivamente y la dieta del TT (alimento comercial Purigamitana 25).

Índices de Crecimiento	Tratamientos			
	T1 (25% torta de castaña y 20% macambo)	T2 (30% torta de castaña y 20% macambo)	T3 (35% torta de castaña y 20% macambo)	TT (Purigamitana 25)
LTI (cm)	20,36	20,23	20,18	20,09
LTF (cm)	31,43	32,34	31,04	31,57
LG (cm)	11,07	12,12	10,87	11,48
PI (g)	161,75	168,75	162,50	154,00
PF (g)	573,61	645,56	526,67	599,44
GP (g)	411,86	476,81	364,17	445,44
GPD (g)	4,12	4,77	3,64	4,45
BI (g)	9705,00	10125,00	9750,00	9240,00
BF (g)	31548,61	35505,56	28966,67	32969,44
BG (g)	21843,61	25380,56	19216,67	23729,44

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Leyenda: LTI (Longitud total inicial), LTF (Longitud total final), LG (Longitud ganada); PI (Peso inicial), PF (Peso final), GP (Ganancia de peso), GPD (Ganancia de peso diario); BI (Biomasa inicial), BF (Biomasa final), BG (Biomasa ganada).

4.1.1. CRECIMIENTO EN LONGITUD.

El crecimiento en longitud obtenida en esta experiencia indicó un desarrollo positivo de los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), que al final de la investigación los peces de cada tratamiento alcanzaron valores de **longitud total final (LTF)** de: T1 (31,43 cm); T2 (32,34 cm); T3 (31,04 cm) y TT (31,57 cm). Con valores de **longitud ganada (LG)** para T1 (11,07 cm), T2 (12,12 cm), T3 (10,87 cm) y TT (11,48 cm), donde los mejores resultados en cuanto a **LTF** y **LG** son para el T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo) y el TT (alimento comercial Purigamitana 25), que se visualizan en el Gráfico 01. Dichos resultados fueron superiores a los reportados por autores como **Reyes et al. (2008)**, quienes estudiaron tratamientos T1, T2 y T3 con niveles de 0%, 10% y 20% de harina de kudzu en dietas con 22% de PB, durante 4 meses de cultivo a juveniles de la misma familia como es la gamitana, que se sembraron con 20 cm de tamaño, y no encontraron diferencia significativa ($P < 0,05$) en cuanto a **LTF** entre tratamientos T1 (27 cm), T2 (28 cm) y T3 (28 cm); registrando **LG** en el T1 (7 cm), T2 y T3 (8 cm).

Otros autores reportan resultados similares al presente estudio, utilizando dietas (29% PB) con inclusión de harina de castaña (*Bertholletia excelsa*), pijuayo (*Bactris gasipaes*) y mucuna (*Mucuna pruriens*); en juveniles de paco *Piaractus brachypomus* con longitud inicial de 19,8 cm y obteniendo **longitud total final (LTF)** desde 31,88 cm a 32,68 cm respectivamente, no hallando diferencias significativas ($P < 0,05$), asimismo los valores de **longitud ganada (LG)** fueron desde 12,08 cm a 12,88 cm durante 100 días de cultivo (**Mercado, 2008**). Por otro lado, con dietas en base a harina de castaña y 25% de tenor de proteína en el crecimiento de gamitanas, los peces alcanzaron **longitud total final (LTF)** desde 29,47 cm a 32,32 cm, hallando diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, y **longitud ganada (LG)** con un máximo valor de 13,50 cm (**Quispe, 2006**).

El Gráfico 01 presenta los valores obtenidos de **Longitud Total Inicial (LTI)**, **Longitud Total Final (LTF)** y **Longitud Ganada (LG)** de los juveniles de paco en 100 días de cultivo, alimentados con tres dietas experimentales que contenían tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (T1=25%, T2=30% y T3=35%) y Macambo con iguales niveles de inclusión (T1=20%, T2=20% y T3=20%), y una dieta experimental del tratamiento TT (Purigamitana 25).

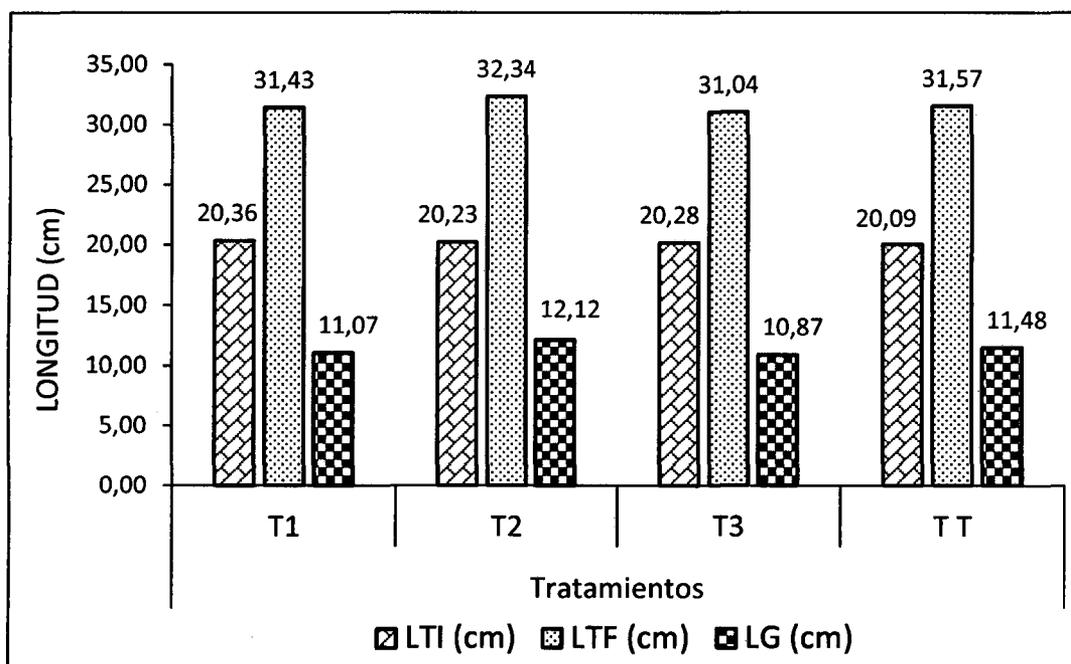


Gráfico 01. Longitud Total Inicial, Longitud Total Final y Longitud Ganada de los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) en los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Legenda: LTI (Longitud total inicial), LTF (longitud total final) y LG (longitud ganada).

Por otra parte, según el análisis de varianza de un factor (ANOVA) para longitud total final (LTF), con un nivel de confianza de 95%; muestra que existe diferencia significativa en los promedios de LTF para al menos uno de los tratamientos estudiados, porque el nivel de significancia hallado es 0,047 siendo un valor ligeramente menor a 0,05; de tal manera se comprueba que estadísticamente los tratamientos son diferentes.

Tabla 13. Análisis de varianza ANOVA ($P > 0,05$) de Longitud Total Final en los tratamientos.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F calculado</i>	<i>F crítico</i>	<i>Significancia</i>
Tratamientos	3	16,08	5,36	2,80	2,74	0,047*
Error	68	130,33	1,92	----	----	----
Total	71	146,41	----	----	----	----

* Existe mínima diferencia significativa al 0,05 de nivel de probabilidad.

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

Y para conocer cuáles fueron los tratamientos que difieren, se realizó la prueba de comparaciones múltiples con HSD de Tukey a la variable longitud total final (LTF), que revela la existencia de diferencias significativas al 0,05 de nivel de probabilidad entre el T2 y T3, como se puede ver detalladamente en la Tabla 27 de anexos. Sin embargo, lo que también interesa conocer en el presente trabajo de investigación es el tratamiento donde los ejemplares juveniles de paco *Piaractus brachypomus* alcanzaron el mayor promedio de LTF, y en tal sentido la Tabla 14 muestran los promedios para los grupos en los subconjuntos homogéneos, que agrupa en columnas de menor a mayor los grupos que no difieren significativamente (son homogéneos), donde el mayor valor promedio de LTF es para el T2 (32,34 cm).

Tabla 14. Subconjuntos homogéneos con HSD de Tukey de Longitud Total Final (LTF).

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
T3	18	31,044	
T1	18	31,428	31,428
TT	18	31,567	31,567
T2	18		32,344
Sig.		,671	,203

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

4.1.1.1. CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD.

El **Gráfico 02** es la curva de crecimiento en longitud (cm), que mostró tendencia ascendente para todos los tratamientos a lo largo del experimento, es decir durante los 100 días de cultivo de juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, alimentados con cuatro dietas experimentales, tres de ellas utilizando diferentes niveles inclusión de torta de castaña (25%, 30% y 35%,) e igual nivel de inclusión de Macambo (20%, 20% y 20%) en los tratamientos T1, T2, y T3 respectivamente; y una de ellas alimento comercial Purigamitana 25 en el TT.



Gráfico 02. Curva de crecimiento en Longitud de los Juveniles de Paco.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.1.2. CRECIMIENTO EN PESO.

Los resultados obtenidos muestran buenos valores en cuando a crecimiento en peso de los juveniles de Paco estudiados; obteniendo valores de **Pesos Finales (PF)** por tratamiento de: 573,61 g (T1); 645,56 g (T2); 526,67 g (T3) y 599,44 g (TT); mientras que los valores de **Ganancia de Peso (GP)** obtenidos fueron: 411,86 g (T1); 476,81 g (T2); 364,17 g (T3) y 445,44 g (TT); y los valores **Ganancia de Peso Diario (GPD)** fueron: 4,12 g (T1); 4,77 g (T2); 3,64 g (T3); 4,45 g (TT). Destacando el T2 con valores superiores frente al resto de los tratamientos, seguido del TT; y finalmente el T1 y T3 fueron los tratamientos que menores valores en peso presentaron, siendo T3 el que menor desempeño en peso tuvo. Según los resultados obtenidos de crecimiento en peso con respecto a **Peso final (PF)**, **Ganancia de Peso (GP)** y **Ganancia de Peso Diario (GPD)** la secuencia del desempeño productivo de los tratamientos es: T2 > TT > T3 > T1.

Valores promedios semejantes reporta, **Quispe (2006)** en gamitanas juveniles (peso inicial 2,43 g) consiguiendo **Pesos Finales** entre 610,00 g y 786,00 g; **Ganancia de Peso** desde 607,00 g a 783,57 g; y la **Ganancia de Peso Diario** varió desde 3,33 g a 4,30 g, en el crecimiento de gamitana alimentados con dietas que contenían 0%, 10%, 20%, 30% y 40%

de inclusión de harina de castaña. Mientras que **Mercado (2008)**, en juveniles de paco reportó **Peso Final** (640,25 g), **Ganancia de Peso** (419,25 g) y **Ganancia de Peso Diario** (5,38 g) alimentados con dietas (29% PB) que contenían diferente porcentajes de inclusión de harina de castaña (30%, 33% y 33%), harina de mucuna (5%) y harina de pijuayo (15%, 9,5% y 10%) frente a una dieta control. Las diferencias observadas en ganancia de peso se deben al peso promedio inicial cuando nos referimos al estudio de **Quispe (2006)**.

Otros estudios también tuvieron cercanos valores promedios a esta investigación, **Contreras y Canchila (2012)**, evaluó 2 dietas (20,4% PB) con 15% de inclusión morena (*Morus alba*) y 15% falso girasol (*Tithonia diversifolia*), y una dieta control comercial con 24% de PB en juveniles de *Piaractus brachypomus*, bajo condiciones semejantes al presente estudio, obteniendo **Pesos Finales** que oscilaron de 544,1 g a 635,0 g. **Dañino et al. (2011)**, estudiaron el crecimiento en juveniles de paco alimentados con dietas extruidas de 25% PB, con pesos iniciales entre 70,6 g y 72,9 g donde a los 150 días de cultivo los peces alcanzaron **Pesos Finales** entre 465,0 g y 682,4 g. En cuanto a ganancia de peso **Murillo (2011)**, con dietas conteniendo 34% PB, registró 452 g de **Ganancia de Peso** en juveniles de paco a los 165 días de cultivo. Del mismo modo **Tafur (2008)**, durante 160 días de cultivo de paco (25,3 g de peso inicial) utilizando alimento extruido con un tenor proteico de 25%, registró **Ganancias de Pesos** entre 399,4 g y 449,7 g; con respecto a **Ganancia de Peso Diario** registró valores entre 2,5 g/día y 2,8 g/día menores a los obtenidos en el presente estudio. **Andrade et al. (2011)**, de manera similar reportó valores menores a los obtenidos en esta investigación, en 7 meses de cultivo de gamitana obtuvo 3,53 g/día de **ganancia de peso diario**, alimentados con alimento genérico formulado (21,23% PB).

El crecimiento en peso de los ejemplares estudiados se muestran detalladamente en barras en el Gráfico 03, donde se aprecian los valores de **Peso Inicial**, **Peso Final**, **Ganancia de Peso** y **Ganancia de peso diario** de juveniles de paco, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (25%, 30% y 35%) y Macambo con iguales niveles de inclusión (20%) en los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente; y la dieta del TT (Purigamitana 25) cultivados durante 100 días.

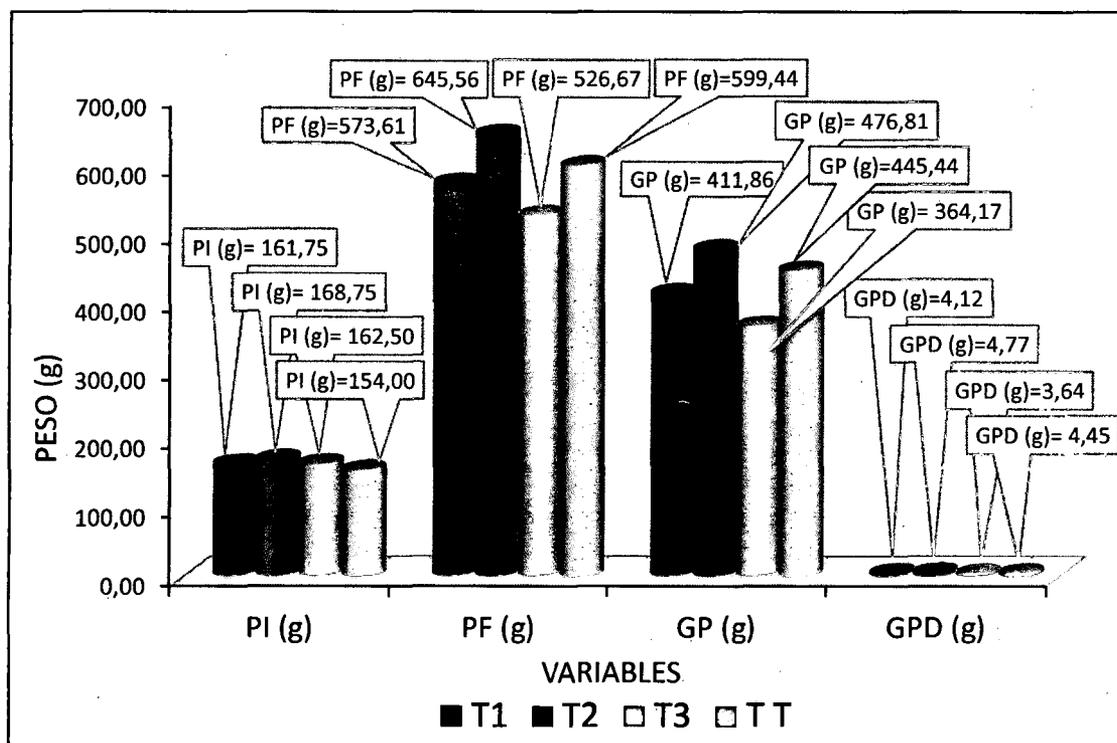


Gráfico 03. Peso Inicial, Peso Final y Ganancia de Peso de los juveniles de paco (*Piaractus brachyomus*) en los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Legenda: PI (peso inicial), PF (peso final), GP (ganancia de peso) y GPD (ganancia de peso diario).

De otro lado, el análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado para Peso Final (PF), revela que por lo menos uno de los tratamientos difiere de los demás, asimismo la diferencia de los pesos promedios entre los tratamientos es altamente significativa al 0,05 de nivel de probabilidad, como se observa en la Tabla 15. Concluyendo que los promedios de PF de los juveniles de paco en los tratamientos son diferentes estadísticamente.

Tabla 15. Análisis de Varianza ANOVA ($P > 0,05$) de Peso Final en los tratamientos.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado	F critico	Significancia (0,05)
Tratamientos	3	133220,49	44406,83	16,85	2,74	0,000**
Error	68	179229,17	2635,72	-----	-----	-----
Total	71	312449,65	-----	-----	-----	-----

** La diferencia de medias es altamente significativa al 0,05 de nivel de probabilidad.

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

A través de la prueba de comparaciones múltiples con HSD de Tukey al 0,05 de nivel de probabilidad, se identificó aquellos promedios de Peso Final (PF) en los tratamientos, que difieren significativamente (ver Tabla 27 de anexos). Y mediante los subconjuntos homogéneos de Tukey de la Tabla 16 se muestran los valores promedios de PF ordenados de menor a mayor, donde el T2 destaca por presentar el mayor promedio (645,57 g).

Tabla 16. Subconjuntos homogéneos con HSD de Tukey de Peso Final (PF).

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	3
T3	18	526,667		
T1	18		573,611	
TT	18		599,444	
T2	18			645,556
Sig.		1,000	,437	1,000

Fuente: Tabla de respuesta del *SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences*, (2014).

Por otro lado, como indicador de crecimiento se tiene también a la **Biomasa ganada (BG)**, donde al inicio de la investigación la **Biomasa Inicial (BI)** en cada tratamiento fueron para T1 (9705,00 g), T2 (10125,00 g), T3 (9750,00 g) y TT (9240,00 g), a los 100 días de cultivo se tuvo en el T1 (31548,61 g), T2 (35505,56 g), T3 (28966,67 g) y TT (32969,44 g) de **Biomasa Final (BF)** en cada tratamiento; y el rendimiento en **Biomasa Ganada** fueron: para T1 (21843,61 g), T2 (25380,56 g), T3 (19216,67 g) y TT (23729,44 g), valores que se aprecian en la **Tabla 12**, y gráficamente se visualiza la **BI**, **BF** y **BG** de los juveniles estudiados en el **Gráfico 04**.

Las variaciones observadas en **BG** dependen de los promedios de Peso Final (PF) que obtienen los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) en cada tratamiento, con esta aclaración, a mayor valor de PF mayor será el valor de **BG**, y en el presente trabajo de investigación, de acuerdo a valores obtenidos de **BG** la secuencia de rendimiento por tratamiento es: T2 > TT > T1 > T3, donde el rendimiento más alto lo obtuvo el T2 y el menor rendimiento fue para T3.

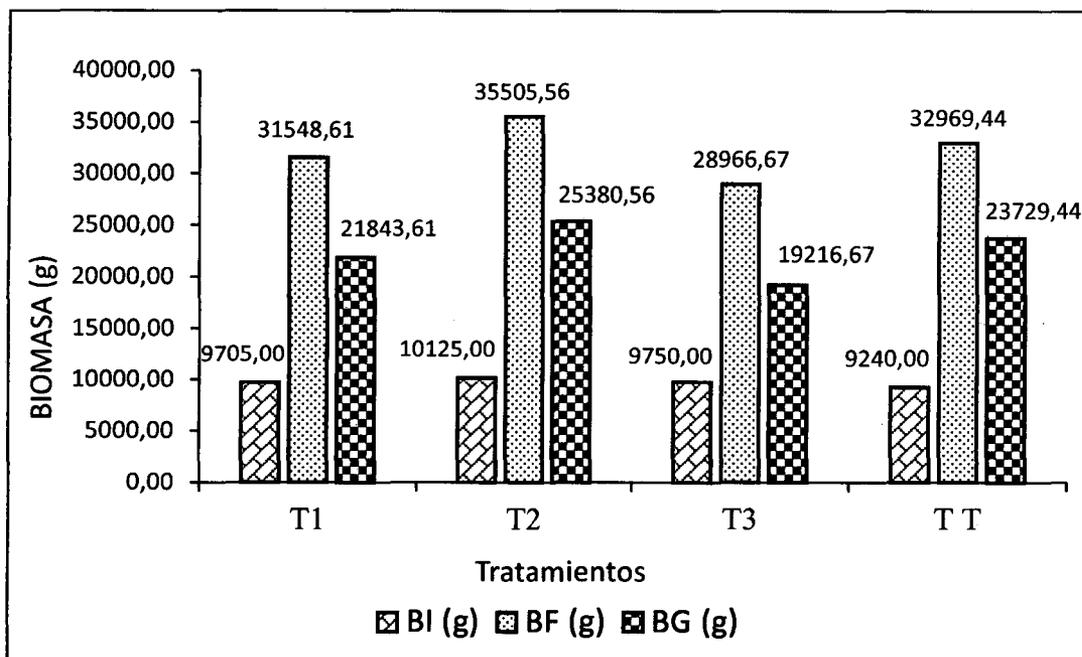


Gráfico 04. Biomasa Inicial, Biomasa Final y Biomasa Ganada de los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) en los tratamientos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Leyenda: BI (biomasa inicial), BF (biomasa final), BG (biomasa ganada).

4.1.2.1. CURVA DE CRECIMIENTO EN PESO.

El Gráfico 05 muestra la curva de crecimiento en peso (g) de los juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, alimentados con dietas extruidas incluyendo Torta de castaña y Macambo en los tratamientos T1, T2 y T3; y alimento comercial en el TT, durante los 100 días de cultivo. Se observa que hasta el segundo muestreo el crecimiento es acelerado y ascendente para todos los tratamientos, continuando la tendencia ascendente en el tercer y cuarto muestreo donde solo T1 muestra un bajo crecimiento en la curva; en el quinto muestreo el ritmo de crecimiento es ascendente en la curva hasta el final del cultivo para los cuatro tratamientos, notándose que T2 y TT manifiestan mayor crecimiento en la última fase.

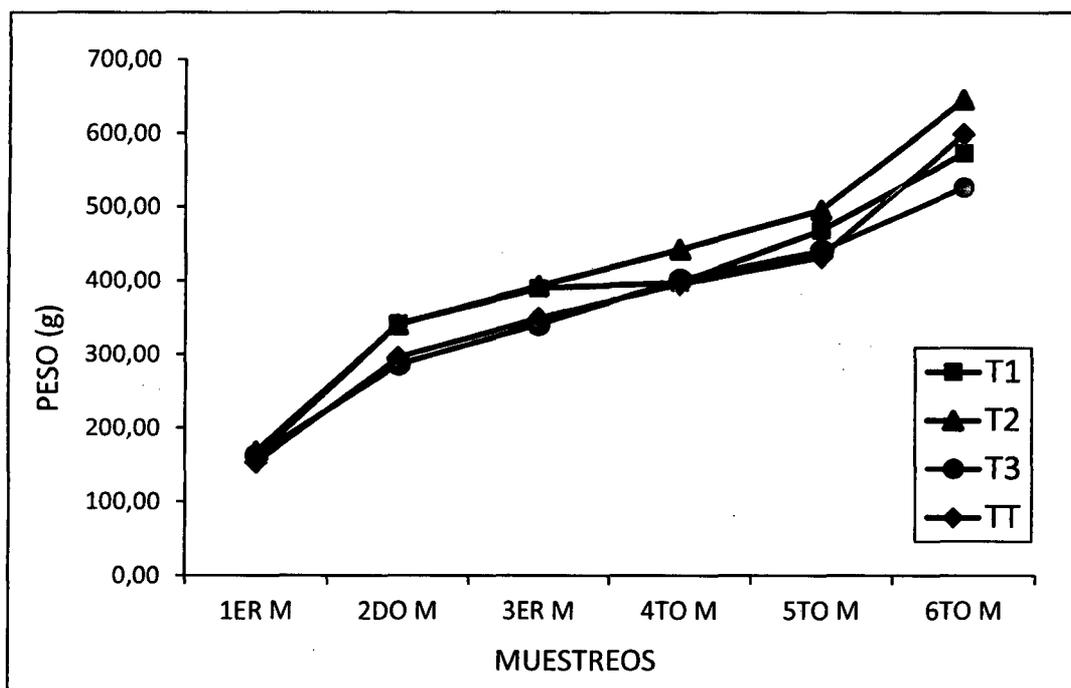


Gráfico 05. Curva de crecimiento en Peso de los Juveniles de Paco.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.2. ÍNDICES ZOOTÉCNICOS.

En la Tabla 17 se exponen los valores de los índices zootécnicos (ICAA: Índice de conversión alimenticia aparente, %GP: Ganancia de peso porcentual, CVP: Coeficiente de variación de peso, %TCE: Tasa de crecimiento específico, EA: Eficiencia del alimento, K: Factor de condición corporal, IHS: Índice Hepatosomático y S: Supervivencia) registrados al final del estudio, para cada tratamiento T1, T2, T3 y TT.

Tabla 17. Índices Zootécnicos, obtenidos a los 100 días cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachyomus*) alimentados con tres dietas conteniendo tres niveles de inclusión de Torta de Castaña (25%, 30% y 35%) e igual nivel de inclusión de Macambo (20%) del T1, T2, T3 respectivamente y la dieta del TT (alimento comercial Purigamitana 25).

Índices Zootécnicos	Tratamientos			
	T1 (25% torta de castaña y 20% macambo)	T2 (30% torta de castaña y 20% macambo)	T3 (35% torta de castaña y 20% macambo)	TT (Purigamitana 25)
ICAA	1,75	1,51	1,84	1,54
%GP (%)	254,63	282,55	224,10	289,25
CVP (%)	8,05	7,55	10,96	8,67
TCE (%/día)	1,27	1,34	1,18	1,36
EA	0,57	0,66	0,54	0,65
K	1,85	1,91	1,76	1,91
IHS	1,55	1,68	1,78	1,72
S (%)	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Elaboración Propia, (2014).

4.2.1. Índice Conversión Alimenticia Aparente (ICAA).

Los valores del ICAA en los juveniles de paco al concluir los 100 días de cultivo, mostró para el T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo), un ICCA de 1,51 al final del experimento, considerado el mejor y óptimo valor comparados con los valores del T1 (1,75) y T3 (1,84), todos estos ejemplares alimentados con dietas en base a torta de castaña y macambo, y en el TT se obtuvo un valor ICAA de 1,54, ligeramente superior a lo reportado por T2 (Ver Tabla 17). Del ICAA 1,51 obtenido por el T2 se entiende que se necesita 1,51 kg de alimento para producir 1,00 kg de peso, y mientras menor sea el valor del ICAA será mucho más conveniente para la rentabilidad de la producción, puesto que la alimentación representa un 60-80% de los costos de producción (Lovell, 1998; Silva *et al.*, 2003).

Estudios realizados en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) indican que los valores del ICCA se encuentran en un rango entre 1,6 y 1,8; reportando 1,7 como el valor ideal de Conversión Alimentaria, no obstante en algunos reportes se estima que un excelente ICAA fluctúa entre 1,2-1,4 (Granado, 1995; Bautista *et al.*, 1999; Mancini, 2002). Los valores del ICAA registrados en el presente estudio que fluctúan de 1,51 a 1,84 se encuentran dentro del rango considerado idóneo para el cultivo de *Piaractus brachypomus* y son semejantes a los reportados por otros autores como Contreras y Canchila (2012), quienes sustituyeron ingredientes alternativos vegetales como son la morera *Morus alba* y el falso girasol *Tithonia diversifolia* en la dieta de juveniles de paco, registraron valores del ICAA entre 1,58 y 1,81. Por otro lado Gutiérrez *et al.* (2009), observaron valores desde 1,3 hasta 1,9 en juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*). Similarmente también en cultivo de juveniles de paco Poleo *et al.* (2011), reportaron un valor promedio del ICAA (1,5). Mientras que López y Anzoátegui (2012), encontraron en su estudio 1,6 como valor del ICAA en juveniles del híbrido pacotana (*Colossoma Macropomum x Piaractus Brachypomus*). Por su parte Casado *et al.* (2009), cultivando juveniles de gamitana alimentados con harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) reportaron promedios que variaron desde 1,8 a 1,9. Igualmente Casanova y Chu-Koo (2008), en juveniles de gamitana cuyas dietas tuvieron inclusión de polvillo de malta de cebada *Hordeum vulgare*, registraron 1,6 y 1,5 como valores del ICAA. No obstante es importante conocer que los peces a edades tempranas poseen una capacidad metabólica muy elevada, siendo más eficientes en convertir la ración alimenticia en músculo, en este estudio y los estudios con los que se comparó la variable ICAA, los peces estaban en la etapa juvenil, razón para obtener valores superiores a la unidad, no dejando de ser valores satisfactorios en el cultivo de paco *Piaractus brachypomus*.

4.2.2. Ganancia de peso porcentual (%GP).

Valores de ganancia de peso porcentual (%GP) obtenidos en el presente trabajo, registró el valor más alto para TT con 289,25% de ganancia de peso porcentual; seguido del T2 con un valor ligeramente inferior de 282,55%; para el T1 se tuvo 254,63% y 224,10% de ganancia de peso porcentual para el T3, como se aprecia en la Tabla 17. Esta variable responde al incremento porcentual que experimenta el peso corporal de los peces y se interpreta que 445,44 g de GP representa el 289,25% con respecto al promedio de peso inicial que fue de 154,00 g en los ejemplares juveniles del TT, de igual modo se interpreta para los demás tratamientos. En otra experiencia bajo las mismas condiciones de estudio al presente

Vásquez et al. (2011), registraron un valor máximo semejante de 270,0% en juveniles de paco *Piaractus brachypomus* utilizando dietas de 31,6% de PB en su alimentación. Por otro lado, trabajos como el realizado por **Shiau et al. (1988)**, en híbridos de tilapia (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*), una especie con características similares al paco, que se alimentaron con dietas conteniendo 28,0% de PB, anotaron un valor promedio de 230,0%. Y por su parte **El-Sayed (1989)**, trabajando con *Tilapia zillii*, obtuvo valores que variaron desde 200,0% a 288,0%. Lo que muestra que los resultados obtenidos de esta experiencia fueron buenas y señalan el normal crecimiento de los juveniles de paco.

4.2.3. Coeficiente de variación de peso (CVP).

Los juveniles de paco obtuvieron valores de coeficiente de variación de peso (CVP), 8,05% en el T1; 7,55% en el T2; 10,96% en el T3 y 8,67% en el TT. Estos resultados menores al 20% nos indican la uniformidad del crecimiento en peso de los juveniles de paco en todos los tratamientos (T1, T2, T3 y TT) al finalizar la experiencia, lo cual es importante en la producción piscícola. Sin embargo **Tenazoa (2013)**, quien evaluó dietas experimentales que contenían 26%, 28% y 30% de proteína bruta con 21%, 26% y 31% de inclusión de harina de quinua *Chenopodium quinoa* W. en las formulaciones finales de las dietas, registró 6,7%, 5,2% y 3,8% como valores de CVP, lo que quiere decir que el crecimiento en peso de gamitanas *Colossoma macropomum* fue mucho más uniforme que el crecimiento en peso de los juveniles de paco evaluados en el presente estudio. Por su parte **García et al. (2012)**, cultivando banda negra *Myleus Schomburgkii*, especie de la misma familia que el paco, nutridos con raciones balanceadas de 23%, 25%, 27% y 29% de PB provenientes de harina de sachá inchi *Plukenetia volubilis*, presentaron valores de CVP (22,66%, 21,86%, 26,60% y 24,95%), un crecimiento en peso variado porque $CVP > 20\%$, siendo los valores registrados en el presente estudio mejores y con mayor uniformidad de crecimiento en peso. Por otro lado **Fontes et al. (1990)**, mencionan que un elevado coeficiente de variación ($>30\%$) es indicativo de escasez de alimento y espacio, factores que influyen en el desarrollo del pez.

4.2.4. Tasa crecimiento específico (TCE).

Los tratamientos que tuvieron los mejores valores en la variable Tasa de Crecimiento Específico fueron los tratamientos TT y T2 obteniendo al final del experimento una TCE de 1,36 y 1,34 %/día respectivamente, los valores más bajos fueron presentados por los tratamientos T1 y T3 con 1,27 y 1,18 %/día de manera respectiva, (ver Tabla 17). Un estudio

realizado por **Machuca y Mejía (2008)**, utilizando raciones balanceadas isoprotéicas con 26% de PB conteniendo tres niveles de inclusión de harina de lenteja de agua, *Lemna sp* (10%, 20% y 30%) en el cultivo de paco, registraron 1,35%, 1,13% y 1,13% de TCE, valores similares a los resultados obtenidos en esta investigación. Mientras que **Deza et al. (2002)**, quienes estudiaron esta misma especie desde la etapa de alevinos durante 174 días cultivo, utilizando alimento balanceado con 33% de PB, registraron valores que fluctuaron desde 1,54% a 1,62%, cuyos valores son semejantes al reporte del presente estudio. Por otro lado **Casanova y Chu-Koo (2008)**, en juveniles de gamitana (*Colossoma macropomun*) alimentados con dietas isoprotéicas de 26% de PB que contenían polvillo de malta de cebada *Hardeum vulgare* reportaron una TCE de 1,8%, un valor ligeramente superior a los obtenidos en el presente estudio. Por su parte **Chu-Koo y Kohler (2005)**, lograron valores de 1,76%; 1,8% y 1,71% en juveniles de gamitana *Colossoma macropomun* que se alimentaron con dietas que contenían insumos vegetales como harina de pijuayo *Bactris gasipaes*, harina de plátano *Musa paradisiaca* y harina de yuca *Manihot sculenta*, con 27 y 28% de PB, estos valores también son superiores a los del presente estudio. Sin embargo los valores de TCE obtenidos en esta experiencia indicaron un desarrollo positivo de los peces, en 100 días de cultivo.

4.2.5. Eficiencia del Alimento (EA).

Los valores de eficiencia del alimento registrados al final de 100 días de cultivo, fueron 0,66 para T2; 0,65 para TT; 0,57 para T1 y 0,54 para T3, como se observa en la **Tabla 17**. Estos resultados indican que los juveniles del T2 y TT tuvieron mejor asimilación del alimento suministrado, lo que se vio reflejado en el crecimiento de los peces de estos tratamientos. Sin embargo es importante señalar que la EA y el ICAA se relacionan y cuanto mayor fuera el valor de ICAA, menor será la eficiencia del alimento, en ese sentido el menor valor de EA lo obtuvo el T3, como respuesta al mayor ICAA registrado. Por otro lado, valores semejantes de 0,4 y 0,5 reportó **Tenazoa (2013)**, quien empleo diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en raciones peletizadas con 26%, 28% y 30% de PB respectivamente, para gamitanas (*Colossoma macropomun*) bajo las mismas condiciones de estudio. Por su lado **Tafur (2008)**, registró valores de 0,85 y 0,83 en *Piaractus brachypomus*, que fueron nutridos con una dieta extruida de 25% de PB bajo un sistema de policultivo. Mientras que **Chu-Koo et al. (2012)**, registro valores de 0,73 y 0,77 en gamitanas, nutridos con tres dietas comerciales; una dieta de 35%, y dos de 28% de PB. Los resultados obtenidos por estos dos últimos autores, muestran una mejor eficiencia del

alimento al obtenido en el presente estudio. No obstante los cuatros tratamientos fueron eficientes, pero más aún los tratamientos T2 y TT (EA>60%).

4.2.6. Factor de Condición Corporal (K).

Una forma de valorar el estado nutritivo de los peces en cultivo es a través del K, que puede asociarse a una valoración de la contextura del pez. En esta experiencia los valores del K mostrados por los juveniles de paco al final del estudio fueron de 1,91 para el T2 y TT; mientras que para el T1 y T3 los valores fueron de 1,85 y 1,76 respectivamente (Ver **Tabla 17**). Lo que indica que los ejemplares juveniles del T2 y TT se encontraban en mejor estado nutritivo y tuvieron mejor contextura comparados con el T1 y T3; pero aunque estos dos últimos tratamientos mencionados dieron valores menores a los del T2 y TT; los cuatro tratamientos mostraron valores superiores a 1, lo que refleja la buena condición fisiológica de la población estudiada. En cambio **Tafur (2008)**, registró valores mayores de 2,06 y 1,99 en pacos *Piaractus brachyomus*, alimentados con dietas de 25% de PB, bajo un sistema de policultivo y en corrales. Otras experiencias como **Casado et al. (2009)**, reportaron valores de 1,5 y 1,6 en juveniles de gamitana alimentados con dietas de 22% de PB empleando harina de trigo regional. Por su parte **Casanova y Chu-Koo (2008)**, reportaron 1,72; 1,76 y 1,77 también en juveniles de gamitanas, nutridos con dietas de 25% de PB que contenían polvillo de malta de cebada; reflejando que la contextura y estado nutritivo de los peces del presente estudio fueron mejores comparados con los dos últimos autores mencionados. Por otro lado según **Martínez (1987)**, valores superiores a 2 indican la gran capacidad y posibilidad que tiene *Piaractus brachyomus* para desarrollar un sistema de cultivo intensivo, y los valores de K en esta experiencia estuvieron cercanos a 2, lo que confirma la gran capacidad de esta especie para el cultivo intensivo.

4.2.7. Índice Hepatosomático (IHS).

Los valores de IHS que se registraron en los juveniles de paco fueron de 1,55 para T1; 1,68 para T2; 1,73 para T3 y 1,72 para TT. Se observó que el IHS aumentó a medida que se incluía mayor porcentaje de torta de castaña *Bertholletia excelsa* y se mantenía constante el porcentaje de inclusión de macambo *Theobroma bicolor* en el alimento. Un comportamiento similar reportó **Abad (2010)**, quién obtuvo valores de IHS entre 1,50 y 1,76 en juveniles de *Piaractus brachyomus* que fueron alimentados con dietas de inclusión variable de harina de camarón de río *Macrobrachiumjelskii*, observando aumento del IHS

cuando se incluía mayor porcentaje de la harina en la dieta. Según **Bastardo et al. (2006)**, valores de IHS mayores a 1 indican un deterioro de la condición del hígado al acumular lípidos como los triglicéridos de modo excesivo. En tal sentido, los peces del T1 presentaron los mejores niveles de IHS (1,55) acumulando menos grasa en el hígado; contrariamente en el T3 se registró el mayor IHS (1,78), por lo tanto mayores reservas energéticas se almacenaron en el hígado de los juveniles, que a su vez fueron los ejemplares con menor crecimiento en longitud y peso. Sin embargo **Abad et al. (2014)**, en juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas de 28% de PB, reportaron valores de IHS por encima de 1 (1,47; 1,31 y 1,30), sin expresar una preocupación especial por estos valores. Por su parte **Shearer (1994)**, señala que el peso y tamaño del hígado responden a las características nutricionales del alimento, siendo los altos niveles de carbohidratos responsables de aumentar su tamaño. Así mismo, una alta densidad de cultivo produce una disminución del peso del hígado y en consecuencia un menor IHS, fenómeno que ha sido asociado con una mayor utilización de los lípidos contenidos en el hígado (**Montero et al., 2001**).

4.2.8. Supervivencia (S).

Todos los tratamientos (T1, T2, T3 y TT) al finalizar el estudio alcanzaron un porcentaje de supervivencia del 100%, estos resultados demuestran que los juveniles de paco *Piaractus brachypomus* resistieron al manipuleo al cual fueron sometidos en los muestreos biométricos realizados durante los 100 días de cultivo (**Ver Tabla 17**). Similar resultado (100%) reportó **Casanova y Chu-Koo (2008)**, en juveniles de gamitana cultivados en estaques de tierra durante 120 días y una población total de 180 ejemplares. Igualmente **Casado et al. (2009)**, registraron 100% de supervivencia cuando cultivaron una población total de 180 juveniles de gamitana, durante 135 días y bajo las mismas condiciones de estudio al presente. Según **Reyes (1998)**, señala que es aceptable una supervivencia no menor de 80%, de lo contrario nos indicaría un deficiente manejo de la especie; es evidente entonces que el 100% de supervivencia obtenido en esta experiencia es un excelente resultado, considerando la rusticidad y fácil adaptación que tiene el paco *Piaractus brachypomus* a diversas condiciones de cultivo.

Los resultados indican claramente que el T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo) es el mejor de tres las dietas extruidas formuladas en base a torta de castaña y macambo (pulpa+semilla) ya que los peces alimentados con esta dieta tuvieron mejor desempeño productivo en los principales Índices de Crecimiento e Índices Zootécnicos, que aquellos ejemplares juveniles alimentados con la dieta del TT (Alimento comercial Purina).

Este es un resultado interesante, porque las variables evaluadas de los Índices de Crecimiento y Zootécnicos, presentaron valores dentro de los reportados en diferentes experiencias de investigaciones en el cultivo de paco *Piaractus brachypomus*, demostrando así que la torta de castaña y el macambo (pulpa+semilla) son excelentes candidatos para ser empleados como insumos en dietas balanceadas formuladas para el cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) y reemplazar al alimento comercial. Este hecho se ve soportado en que el paco (*Piaractus brachypomus*), es un pez de hábito típicamente omnívoro, con tendencia al consumo de frutas, semillas y hojas (Araujo y Goulding, 1997), lo que indica que tiene la capacidad de digerir y metabolizar bastante bien los alimentos de origen vegetal y que en condiciones de cautiverio aceptan muy bien dietas artificiales con insumos vegetales (Clavijo, 2011).

Por otro lado las variaciones en los valores de los principales Índices de Crecimiento (LTF, LG, PF, GP, BF y BG) y en los Índices Zootécnicos (ICCA, %GP, %CVP, %TCE, EA, K, e IHS) en los tratamientos T1, T2, T3, y TT puede ser atribuido a la calidad proteica de las dietas formuladas, en ese sentido la calidad proteica de los ingredientes o insumos utilizados en la fabricación de dietas para peces depende de la composición de aminoácidos que la caracteriza y de la disponibilidad biológica de los mismos, entre más se aproxime el patrón de aminoácidos esenciales (AAE) de la proteína de los insumos a los requerimientos dietéticos de AAE de la especie en cuestión, mayor será el valor nutricional de la dieta y su aprovechamiento por el pez (Vásquez, 2004). Sin embargo elevados niveles de proteína en la dieta, aun tratándose de proteína de buena calidad, superiores a los requeridos por una especie en particular, son inconvenientes por un lado por razones de costo y por otro, por razones de eficiencia de aprovechamiento (Aksnes *et al.*, 1996), cuando tales niveles sobrepasan (valores altos) el óptimo nivel requerido por la especie, disminuye significativamente el ICAA (índice de conversión alimentaria aparente), posiblemente debido a un desvío en la utilización de la proteína para producir de energía o excreción de los aminoácidos absorbidos en exceso (Vásquez, 2004).

Particularmente el paco se desempeña positivamente alimentados con dietas bajas en niveles de proteína. **Gutiérrez et al. (1996)** determinaron que el requerimiento mínimo de proteína en dietas para crecimiento en juveniles de Paco (*Piaractus brachypomus*) era de 29,8% de PB, sin embargo **Vásquez et al. (2011)** con dietas de 16% a 36% de PB, demostraron que para alcanzar máximo crecimiento en juveniles (peso inicial 15,52 g) de esta especie se requería 31,6% de PB y que el suministro de dietas con niveles superiores a 31,6% no mejoraban la **Ganancia de Peso (GP)** e **índice de conversión alimentaria aparente (ICAA)**, y causaban además reducción significativa en los valores de **tasa de crecimiento específico (%TCE)** y eficiencia de utilización de la proteína, similarmente el desempeño de los juveniles fué ineficiente con niveles inferiores a 24% de PB en la dieta. Posteriormente en otro estudio **Vásquez et al. (2012)**, concluyeron que 27,7% de PB era suficiente para atender las exigencias y proporcionar buen desempeño en juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*).

En esta investigación las dietas estudiadas fueron isoprotéicas con 25% de PB para todos los tratamientos (T1, T2, T3 y TT), donde el destacado desempeño del Tratamiento 2, corrobora los bajos requerimientos proteicos del paco (*Piaractus brachypomus*) y que los niveles de 30% de inclusión de torta de castaña y 20% de inclusión de macambo (pulpa+semilla) en la dieta T2, fueron las proporciones óptimas de inclusión y la más adecuada formulación dietética, suficiente para obtener buen desempeño y destacar incluso frente al TT (alimento comercial). Este comportamiento destacado del T2 (30% torta de castaña y 20% de macambo) puede haber sido influenciado por el buen balance de aminoácidos esenciales de la torta de castaña solo deficiente en triptófano (ver **Tabla 05**), dicho de otra forma la proteína de la torta de castaña es de alto valor biológico y en consecuencia de alto valor nutricional, además la torta de castaña posee hasta 95% de digestibilidad, factor importante para su aprovechamiento por los peces en la dieta (**Gloria y Regitano D'Arce, 2000; Souza y Menezes, 2004; Venkatachalam y Sathe, 2006; Mitchell y Beadles, 1937; Telles, 2009**), asimismo por el aporte nutricional del macambo *Theobroma bicolor* (pulpa y semilla) como proteínas, carbohidratos, su composición rica en vitaminas hidrosolubles (retinol, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C) y minerales (calcio, fósforo y hierro) **Félix, 2000**; sumado a la buena palatabilidad que tiene la pulpa del macambo para favorecer su aceptación por parte de los juveniles de paco en la dietas formuladas, especialmente del T2.

4.3. NIVEL ÓPTIMO RECOMENDADO DE INCLUSIÓN PORCENTUAL DE TORTA DE CASTAÑA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

El Gráfico 06 muestra la curva de tendencia polinómica de grado dos, ajustado por mínimos cuadrados y cuya ecuación permitió hallar el nivel óptimo de inclusión de torta de castaña *Bertholletia excelsa* en las dietas experimentales formuladas. Se observa también que bajo efectos del T2 se tiene el punto de inflexión más alto, con el mejor peso (PF) logrado por los peces al final de la experiencia.

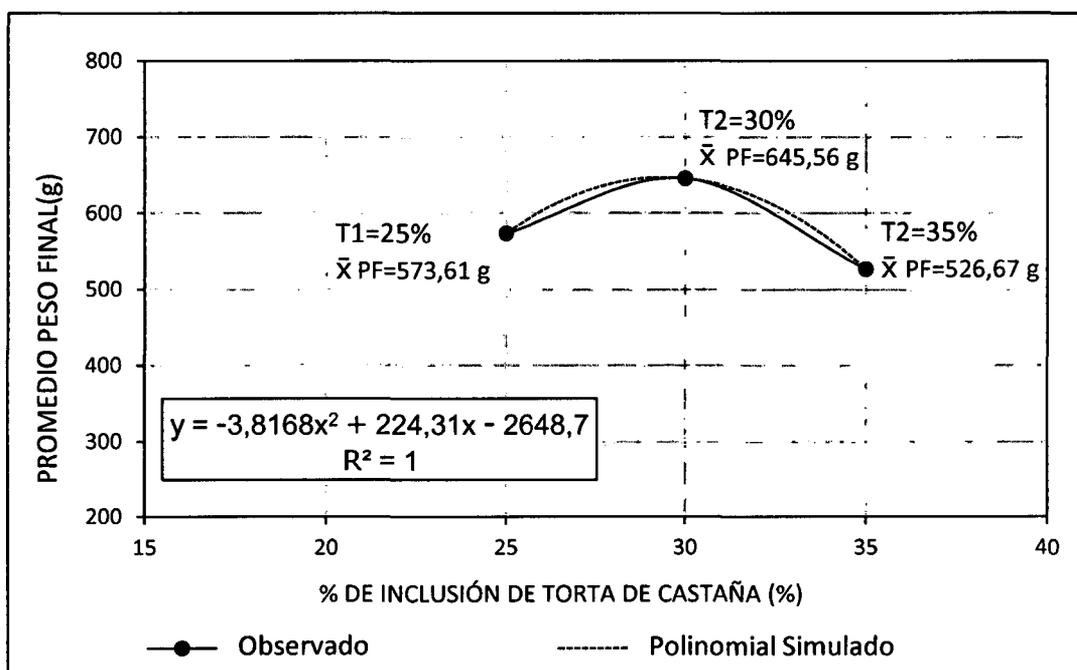


Gráfico 06. Nivel óptimo de inclusión de Torta de Castaña (*Bertholletia excelsa*).

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Donde el coeficiente de determinación $R^2=1$ de la curva simulada indica que hay una correlación perfecta entre las variables (PF y % de inclusión de Torta de Castaña), y la razón del ajuste perfecto es debido a tener solo 3 valores en ambas variables.

Se determinó el nivel óptimo de inclusión de Torta de Castaña partiendo de la ecuación de regresión polinomial establecida y su primera derivada, seguidamente se reemplazaron los valores de la ecuación de la curva simulada a la ecuación anterior y se derivó, tal cual se aprecia líneas abajo:

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = -3,8168x^2 + 224,31x - 2648,7$$

$$\frac{dy}{dx} = 2ax + b = 0$$

$$x = \frac{224,31}{7,6336}$$

$$x = 29,38$$

El nivel óptimo determinado de inclusión porcentual de Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* en las tres dietas experimentales formuladas fue de 29,38%, valor que se sitúa dentro del rango del Tratamiento 2 que tuvo 30% de inclusión de Torta de Castaña y cuyo efecto produjo mayor crecimiento en peso de los juveniles de paco *Piaractus brachypomus*.

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

La Tabla 18 muestra el análisis económico de los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y TT) mediante el método de Presupuesto Parcial. Así los costos variables por cada unidad de pescado cultivado fueron: T1 (S/. 1,15), T2 (S/. 1,11), T3 (S/. 0,98) y TT (S/. 2,19), y los ingresos netos (beneficio bruto) fueron: T1 (S/. 4,74), T2 (S/. 5,48), T3 (S/. 4,19), y TT (S/. 5,12), teniendo el mayor ingreso con el tratamiento T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo). En cuanto al mayor beneficio neto parcial por unidad de pescado producido se observó bajo efectos del T2 (S/. 4,38) con 79,79% de ingreso total.

Tabla 18. Análisis económico por el método de Presupuestos Parciales del cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), alimentados con dietas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y macambo (*Theobroma bicolor*).

COMPONENTES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	TT
INGRESOS				
Ganancia de Peso (Kg)	0,412	0,477	0,364	0,445
Precio del kilogramo de pescado (S/.)	11,50	11,50	11,50	11,50
Beneficio Bruto (S/.)	4,74	5,48	4,19	5,12
COSTOS VARIABLES				
Consumo de alimento (Kg)	0,636	0,637	0,591	0,610
Costo por kilogramo de Alimento (S/.)	1,81	1,74	1,66	3,58
Costo del alimento consumido (S/.)	1,15	1,11	0,98	2,19
Total de costos variables (S/.)	1,15	1,11	0,98	2,19
BENEFICIO NETO PARCIAL				
En S/. por pescado (S/.)	3,58	4,38	3,21	2,94
En porcentaje del ingreso total (%)	75,69	79,79	76,58	57,34

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Para efectos de entendimiento, se precisa que la cifra de Beneficio Neto Parcial es el resultado del valor que el piscicultor le otorga a la producción (S/. beneficio bruto) menos el valor que le otorga a aquellos insumos necesarios para lograr esa producción (S/. total de costos variables); entonces con esta explicación no se debe confundir este término con el de Utilidad Neta o Ganancia de la producción, puesto que el Beneficio Neto Parcial presenta solamente el impacto de cambio del beneficio parcial de la producción y no su totalidad.

En ese sentido la inclusión de 30% de torta de castaña con 20% de inclusión de macambo (T2), en las dietas de juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, permite reducir los costos e incrementar los beneficios de producción; porque los resultados del análisis económico realizado presenta para T2 cifras favorables, que estuvieron por encima de los tratamientos T1 y T3, e inclusive hasta del alimento comercial (TT).

4.5. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.

Los peces dependen directamente de una buena calidad de agua para la supervivencia y su crecimiento, y entre los factores que destacan en este aspecto, son los parámetros: potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto en el medio y la temperatura, ya que son los reguladores de sus actividades metabólicas (Senhorini y Fransozo, 1994). Sin embargo los parámetros en términos generales de calidad del agua evaluados en esta experiencia fueron: Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura (°C), Oxígeno disuelto (mg/L), Alcalinidad (ppm CaCO₃) y Dureza (ppm CaCO₃), y cuyos valores estuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de paco *Piaractus brachypomus*. En la Tabla 19, se presenta el registro de los valores promedios mensuales y promedio total de los parámetros físico-químicos del agua del estanque durante los 100 días que llevo el cultivo de los juveniles de paco (ver Tabla 28 de anexos, los valores registrados semanalmente).

Tabla 19. Valores promedios mensuales de los parámetros físico-químicos del agua del estanque, durante los 100 días de cultivo de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*).

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA					
Mes	pH (adimensional)	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Alcalinidad (ppm CaCO ₃)	Dureza (ppm CaCO ₃)
Octubre	7,17	29,26	9,51	18,00	16,00
Noviembre	8,22	30,60	8,25	19,00	16,50
Diciembre	7,64	29,68	5,74	18,50	20,00
Enero	6,66	29,97	10,35	20,00	16,00
\bar{X} Total	7,42	29,88	8,46	18,88	17,13

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5.1. Potencial de hidrógeno (pH).

En el **Gráfico 07**, se muestran los valores promedios y sus variaciones mensuales del pH del agua en el estanque donde se cultivaron los juveniles de paco, y se observa un comportamiento con variaciones ligeras de pH a lo largo del periodo de cultivo, presentando un rango desde 6,66 como valor mínimo en el mes de enero hasta 8,22 como valor máximo

en el mes de noviembre. Por otra parte según **Boyd (1996)**, el “paco” es una especie que tolera amplios rangos de pH desde 3,5 a 11; sin embargo las mejores aguas para la piscicultura son aquellas que presentan un pH neutro o ligeramente alcalino que fluctúan desde 7 a 8. Y de acuerdo con **Sipaúba (1988)**, los valores óptimos del pH del agua en el cultivo de *Piaractus brachypomus* deben encontrarse entre 6,5 y 8,5; puesto que un pH más ácido o más alcalino por un largo período de tiempo, disminuirá el crecimiento de los peces. Entonces los valores registrados del pH del agua en esta experiencia fueron óptimas para el cultivo de esta especie.

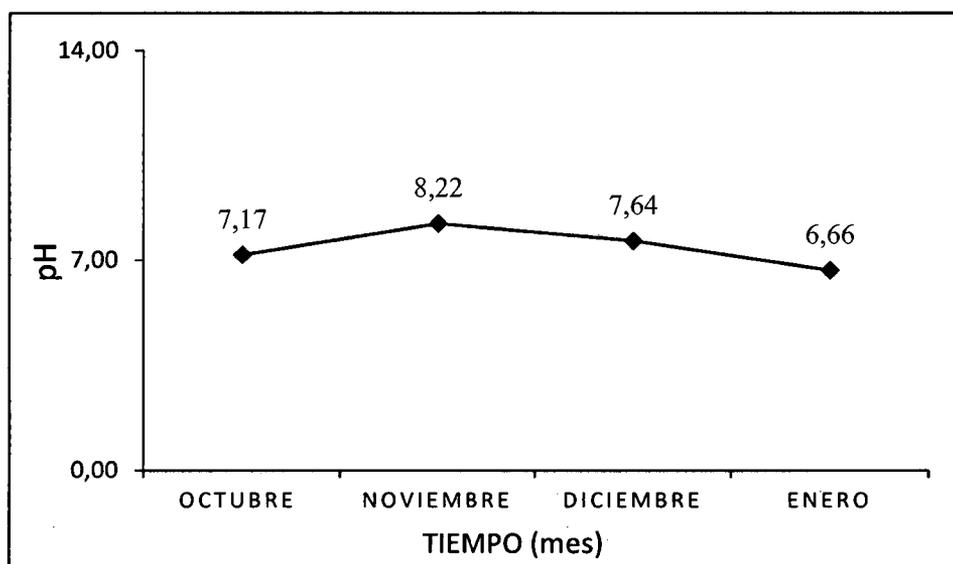


Gráfico 07. Variación de los valores promedios mensuales de pH del agua del estanque de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5.2. Temperatura (°C)

Los valores promedios mensuales de Temperatura del agua del estanque registrados durante el periodo de cultivo oscilaron desde 29,26 °C hasta 30,60 °C, además se registró un promedio total de 29,00 °C de temperatura del agua en el estanque (**Ver Gráfico 08**). Estos valores mostraron variaciones ligeras en cada mes y son valores donde esta especie se desarrolla idóneamente, ya que según **González y Heredia (1989)**, mencionan que el *Piaractus brachypomus*, es un pez de aguas cálidas que alcanza su máximo desarrollo y crecimiento en temperaturas entre los 28 y 31 °C. Mientras que **Angelini y Petrere (1992)**, afirman que las temperaturas altas o bajas pueden ocasionar estrés en los peces y reducen su

crecimiento, de manera similar autores como **Buentello et al. (2000)**, describen que la existencia de temperaturas límite, tanto superiores como inferiores, por encima o debajo de los valores óptimos para cada especie, los peces no ingieren alimento.

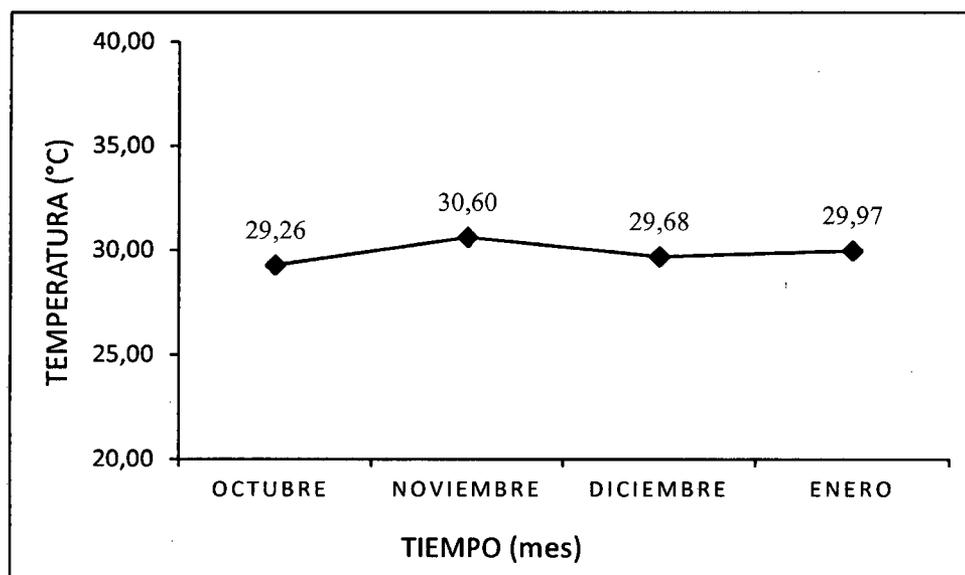


Gráfico 08. Variación de los valores promedios mensuales de Temperatura del agua del estanque de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5.3. Oxígeno disuelto (mg/L).

El oxígeno disuelto (OD) corresponde al parámetro más importante en la calidad del agua y controlarla es necesario, ya que bajas concentraciones pueden causar pérdidas del apetito y retardar el crecimiento, pudiendo llegar hasta la muerte por asfixia de los peces (**Benítez y Venegas, 2003**). En ese sentido en el **Gráfico 09**, se muestran las variaciones de los valores promedios mensuales de OD en el agua del estanque de tierra, durante los meses que duró el cultivo; registrándose una media mínima de 5,74 mg/L de OD en el mes de diciembre y una media máxima de 10,35 mg/L de OD en el mes de enero. Asimismo un promedio total de 8,46 mg/L de OD en el agua del estanque. Por otra parte según **OLDEPESCA (2010)**, las concentraciones de OD en el agua expresada como el peso del oxígeno en relación al volumen de agua (mg/L), para esta especie deben mantenerse desde 3 mg/L y 12 mg/L, valores que son frecuentes de encontrar en aguas cálidas. No obstante **Díaz y López (1995)**, mencionan que *Piaractus brachypomus* es una especie resistente a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (1 a 3 mg/L). Mientras que **Sipaúba (1988)**,

señala que para un crecimiento adecuado de los peces, el agua de los estanques debe presentar un tenor de oxígeno disuelto siempre superior a 3 mg/L. En la experiencia los valores de OD en el agua se encuentran dentro del rango requerido para esta especie y peces en general, donde el OD en el agua fue buena.

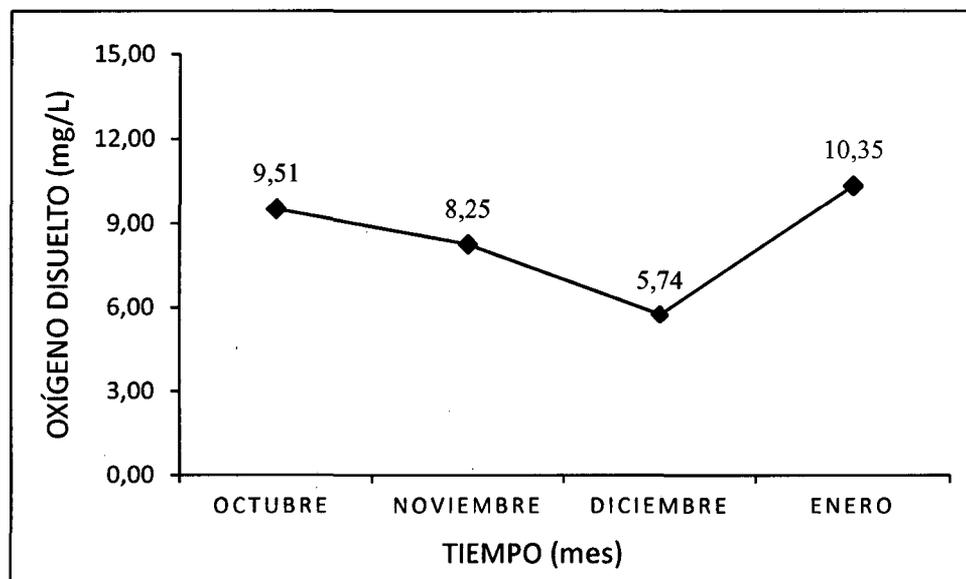


Gráfico 09. Variación de los valores promedios mensuales de Oxígeno Disuelto en el agua del estanque de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5.4. Alcalinidad (ppm de CaCO_3)

La alcalinidad tiene gran importancia en la piscicultura, porque indica en qué medida puede variar el pH del agua y de una alcalinidad elevada significa que tiene una buena capacidad tampón; es decir es un agua químicamente muy estable, y su calidad no varía mucho en el curso del día (IIAP, 2006). En cuanto a la presente experiencia, en el **Gráfico 10**, se muestran los promedios mensuales de la alcalinidad del agua durante el periodo de cultivo. Donde se registró como promedio mínimo de alcalinidad: 18 mg/L de CaCO_3 (carbonato de calcio) y un promedio máximo: 20 mg/L de CaCO_3 en el agua. Asimismo se tuvo una media de 18,88 mg/L de CaCO_3 de alcalinidad total durante el periodo de monitoreo del agua. Según **OLPESCA (2010)**, en el cultivo de *Piaractus brachypomus* la alcalinidad estaría generalmente entre 30 y 200 mg/L de CaCO_3 ; aunque alcalinidades más altas o más bajas no perjudican en los cultivos. Con tal antecedente mencionado, los valores bajos de alcalinidad del agua en esta experiencia no perjudicaron el desarrollo de los juveniles.

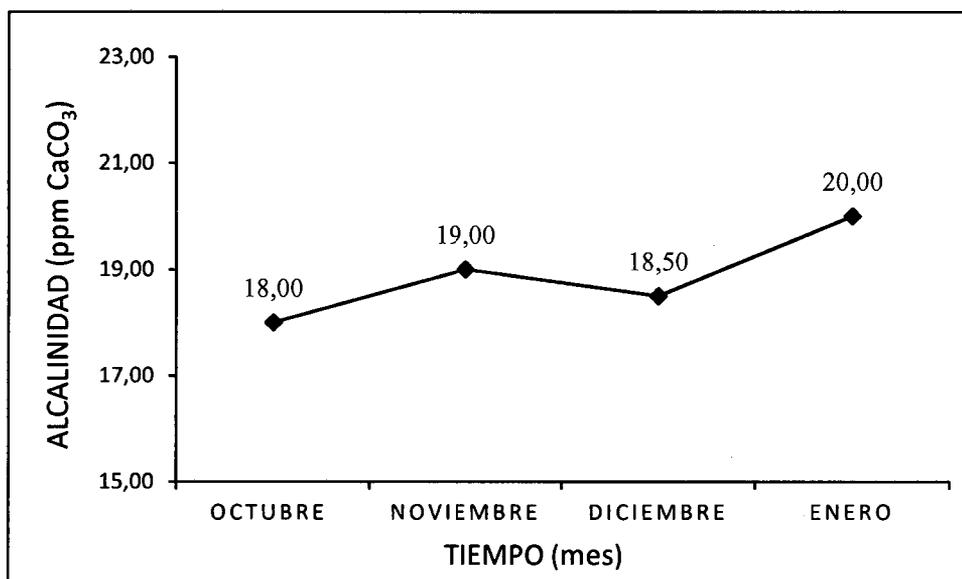


Gráfico 10. Variación de los valores promedios mensuales de Alcalinidad del agua del estanque de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5.5. Dureza (ppm CaCO₃).

Durante el periodo de cultivo de los juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, se registraron promedios mensuales de la dureza del agua del estanque y sus variaciones en el tiempo que llevó el monitoreo de la calidad del agua. Se observa en el **Gráfico 11** que los valores promedios mensuales de la dureza del agua osciló entre 16,00 mg/L de CaCO₃ (valores mínimos en los meses de octubre y enero) y 20,00 mg/L de CaCO₃ (valor máximo en el mes de diciembre). **Boyd, (1996)**, indica que la dureza está muy relacionada con la alcalinidad, y la capacidad del medio para resistir cambios en el pH del agua y en piscicultura las mejores aguas respecto a la dureza y alcalinidad se dan cuando tienen valores similares, coincidiendo con los resultados registrados en esta experiencia con valores bastante cercanos de dureza (18,88 mg/L de CaCO₃) y alcalinidad (17,13 mg/L de CaCO₃) mostrando con esos valores la buena calidad del agua del estanque y su vez se encuentra dentro de rango de las aguas blandas (0 a 75 mg/l de CaCO₃).

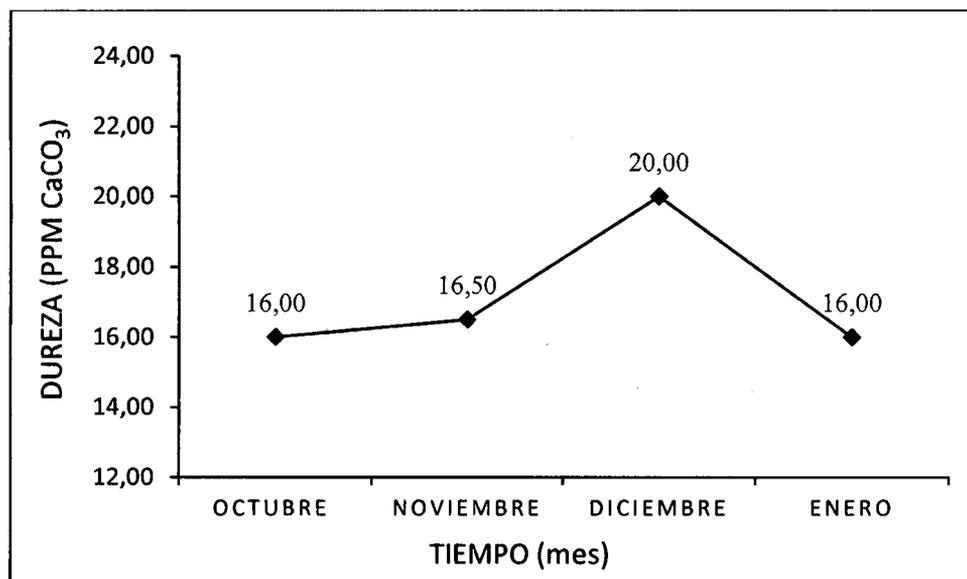


Gráfico 11. Variación de los valores promedios mensuales de Dureza del agua del estanque de cultivo.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos y de acuerdo a las condiciones en la que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se concluye que:

- ✍ Los porcentajes de inclusión de Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* (25%, 30% y 35%) y el Macambo “pulpa y semilla” *Theobroma bicolor* (20%) en las dietas balanceadas extruidas, influyeron significativamente en el crecimiento en longitud y crecimiento en peso de los juveniles de paco *Piaractus brachypomus*.
- ✍ Los peces del T2, presentaron mayor crecimiento en longitud (LTF: 32,34 cm) y peso (PF: 645,56 g) comparados con los peces del T1 y T3, incluso frente al TT; que obtuvieron valores inferiores (T2 > TT > T1 > T3).
- ✍ Al final de los 100 días de evaluación experimental los peces del T2 presentaron mayor rendimiento respecto a Longitud Ganada (12,12 cm), Ganancia de Peso (476,81 g) y Biomasa Ganada (25380,56 g).
- ✍ Los valores de los índices zootécnicos registrados al final de la evaluación experimental, se encuentran dentro del crecimiento normal para esta especie, destacando el T2 que presentó en su mayoría los mejores valores (ICCA: 1,51; %GP: 282,55%; CVP: 7,55%; TCE: 1,34 %/día; EA: 0,66; K: 1,91; IHS: 1,68 y K: 100%).
- ✍ El nivel óptimo determinado de inclusión proporcional de Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* fue de 29,78%; valor que se situó dentro del rango de la dieta del T2, que tuvo 30% de inclusión de Torta de Castaña y cuyo efecto produjo mayor crecimiento en longitud y peso de los juveniles de paco *Piaractus brachypomus*.
- ✍ Se evidenció que el T2 logró el mayor Beneficio Neto Parcial por kilogramo de pescado (S/. 4,38), el cual fue económicamente satisfactoria y biológicamente factible.
- ✍ Los valores de los parámetros físico químicos del agua del estanque, se mantuvieron dentro de los rangos idóneos para el cultivo de paco *Piaractus brachypomus*, durante los 100 días que llevó la experimentación de la investigación.

- ☞ La Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* y el Macambo (pulpa+semilla) *Theobroma bicolor*; por su amplia disponibilidad, composición nutricional y rendimiento productivo en los peces, mostraron ser excelentes insumos alternativos para ser incluidos en las dietas balanceadas extruidas de juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, en la región de Madre de Dios.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se hacen las recomendaciones siguientes:

- ✎ La Torta de Castaña *Bertholletia excelsa* y el Macambo (pulpa+semilla) *Theobroma bicolor* por su disponibilidad, composición nutricional y rendimiento productivo, pueden ser empleados como insumos alternativos en dietas balanceadas para juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, en la región de Madre de Dios.
- ✎ Considerando la mala palatabilidad de la semilla fresca del macambo *Theobroma bicolor*, se recomienda realizar su secado antes de usarla y utilizarlo en forma de harina para mejorar su palatabilidad cuando se incluya como insumo en las dietas balanceadas del paco *Piaractus brachypomus*.
- ✎ Realizar estudios sobre la composición de aminoácidos de la pulpa y semilla de Macambo *Theobroma bicolor*, para conocer la calidad proteica de los mismos en las dietas balanceadas del paco *Piaractus brachypomus*.
- ✎ Realizar estudios sobre los requerimientos de aminoácidos para cada etapa de desarrollo del paco *Piaractus brachypomus*.
- ✎ Realizar estudios de digestibilidad de Torta de Castaña y Macambo (pulpa+semilla) en la alimentación de esta especie, desde la etapa de alevinos hasta obtener el peso comercial, para cuantificar el aprovechamiento de estos ingredientes por el paco *Piaractus brachypomus*.
- ✎ Continuar con la búsqueda y experimentación de nuevos insumos alternativos de bajo costo que puedan ser usados en la alimentación del paco *Piaractus brachypomus* cultivados en estanques de tierra.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, D. (2010).** Crecimiento de alevines de cachama blanca *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818), (PISCES: CHARACIDAE) alimentados con dietas de inclusión variable de harina de camarón de agua dulce *Macrobrachiumjelskii* (Miers, 1872) (CRUSTACEA: PALAEMONIDAE). Universidad de Oriente. 82p.
- Abad, D.; Rincón, D.; Poleo, G. (2014).** Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachypomus* cultivado en sistemas Biofloc. Zootecnia Tropical, 32(2): 119-130.
- Aksnes, A.; Hjertnes, T. y Opstvedt, J. (1996).** "Effect of dietary protein level on growth and carcass composition in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L). Aquaculture, 145: 225-233.
- Albeitar, (2001).** Portal Veterinaria. Importancia de la Proteína en los Peces. [En línea] <<http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=3317&cadena=peces&como=1>>. [Consulta: 22 octubre 2014].
- Aliaga, P. C. (2004).** Variabilidad genética de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* en la región del Alto Madera (Amazonía Boliviana) para el análisis del Polimorfismo de la longitud de secuencias intrónicas (Epic-Pcr). La Paz (Bolivia). Trabajo de grado (Licenciada en Biología). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Instituto de Biología Molecular y Biotecnología. 103p.
- Álvarez, J. S. (2007).** Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en el alimento a fin de mejorar la engorda del camarón blanco *litopenaeus schmitti*. Tesis (Doctor en Ciencias). La Paz, Bolivia. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste S.C. 118p.
- Abimorad, E.; Carneiro, J.; Urbinati, E. (2007).** Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus* / Holmberg 1887) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. Aquaculture Research. 38: 36-44.
- Abimorad, E.; Favero, G.; Castellani, D.; García, F.; Carneiro, D. (2009).** Dietary supplementation of lysine and/or methionine on performance, nitrogen retention and excretion in pacu *Piaractus mesopotamicus* reared in cages. Aquaculture, 295: 266-270.
- Andrade, G.; Méndez, Y. y Perdomo, D. (2011).** Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local El Lago, Estado Zulia, Venezuela. Zootecnia Tropical, 29(2): 213-218.

- Angelini, R. y Petrere, R. (1992).** Simulação da produção do «paco» *Piaractus mesopotamicus* em viveiros de piscicultura. Bol. Tec. CEPTA, 5: 41-45.
- Araujo, C. y Goulding M. (1997).** So fruitfull a fish: Ecology, conservation, and aquaculture of the Amazon's Tambaqui. *Biology and Resource Management in the Tropic*. New York: Columbia University Press. 191p.
- Arias, E. S. y Rondón, J. A. (2010).** Manejo Forestal de *Bertholletia excelsa* HBK (castaña o nuez de Brasil). Revista Forestal Latinoamericana, 25: 93-113.
- Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica-ACCA, (2010).** Información y Experiencias sobre el Manejo de Castaña, *Bertholletia excelsa* del Programa Conservando Castañales-PCC de ACCA. Período 1993-2010. Lima, Perú. 44p.
- Atta, R. (2006).** Estudio comparativo en dos sistemas de preparación de los progenitores de *Piaractus brachypomus* (Estacion Acuicola "El Prado" Departamento de Santa Cruz). Tesis (Médico Veterinario Zootecnista). Santa cruz de la sierra, Bolivia. Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 8p.
- Autoridad De Fiscalización y Control Social De Empresas-AEMP. (2012).** Cadena de comercialización de la castaña. Bolivia. 33p.
- Banzatto, D. A. y Kronka, S. Do N. (1989).** Experimentação agrícola. Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias y Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. S.P. 247p.
- Barroso, V. A. (2012).** Evaluación de tres tipos de alimento en el crecimiento preliminar de la "cachama blanca" (*piaractus brachypomus*) en la localidad de santa clara, provincia de pastaza, ecuador. Tesis (Ingeniero Agropecuario). Santa Clara, Ecuador. Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. 80p.
- Bastardo, H.; Scorza, C. y Sofia, S. (2006).** Variables hematológicas y bioquímicas en la trucha arco iris, relacionadas con la condición hepática y la edad. Zootecnia Tropical, 24: 1-15.
- Bautista, E.; Useche, M. y Linares, F. (1999).** Utilización de la pulpa de café ensilada y deshidratada en la alimentación de *Piaractus brachypomus*. En: Pulpa de café ensilada, producción, caracterización y utilización en la alimentación animal. Ramírez, J. (ed). Universidad Nacional Experimental de Táchira, Decanato de Investigación. Venezuela. 109-135pp.
- Bechara, J.; Roux, J.; Ruiz, F.; Flores Quintana, C.; Longoni, C. (2005).** The effect of dietary protein level on pond water quality and feed utilization efficiency of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Aquaculture Research, 36: 546-553.

- Benites E. y Venegas C. (2003).** Guía para el Cultivo de Cachama; Primera Edición; Universidad Nacional de Loja. 12-23pp.
- Bicudo, A.; Sado, R.; Cyrino, J. (2009).** Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquaculture Research*. 40: 486-495.
- Bollati, H. G. (1993).** La castaña su germinación y crecimiento en vivero. Universidad Técnica del Beni, Mariscal José Ballivan. Bolivia. *Riberalta-Beni*. 7-24pp.
- Boyd, C. (1996).** Manejo de suelos y de la calidad de agua en la acuicultura de piscinas. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela. 62p.
- Buentello, J. A.; Gatlin, D. M.; and Neill, W. H. (2000).** Effects of water temperatura and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfi sh *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 182: 339-352.
- Casado, P.; Rodríguez, L.; Alcántara, F.; Chu-Koo, F. (2009).** Evaluación del trigo regional *Coix lacryma-jobi* (POACEAE) como insumo alimenticio para gamitana *Colossoma macropomum*. *Folia Amazónica*, 18(1-2): 89-96.
- Casanova, R. y Chu-Koo, F. (2008).** Evaluación del polvillo de malta de cebada, hordeum vulgare, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*). *Folia Amazónica*, 17(1-2): 15-22.
- Castell, J. D. y Tiews, K. (1980).** Report of the EIFAC, JUNS and ICES working group on the standarization of methodology in fish nutrition research. Hamburg, Federal Republic of Germany. EIFAC Tech. Pap., 36. 24p.
- Chu-Koo, F. y Kohler, C. (2005).** Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (*Colossoma macropomum*). En IAP, IRD., J. Renno, C. García, F. Duponchelle, & J. Nuñez (Edits.), *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. Iquitos, 184-191pp.
- Chu-Koo, F.; Ramírez, Y.; Rodríguez, A.; Babilonia, J.; Bernuy, A. (2012).** Evaluación de tres dietas extrusadas de inicio en el crecimiento, utilización del alimento, composición corporal y parámetros hematológicos de la gamitana (*Colossoma macropomun*). En: Comunicaciones del III Coloquio internacional de la red de investigación sobre ictiofauna amazónica-RIIA; 08 al 12 de noviembre 2011. Leticia, Colombia. 166-173pp.
- Clavijo, L. C. (2001).** Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en Cachama Blanca *Piaractus brachypomus*. Tesis (Magíster en ciencias agrarias). Palmira, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 76p.

- Clay, J. W. and Clement, C. R. (1993). Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forest. Misc/93/6 working paper. FAO, Rome. 270p.
- Contreras, J. H. y Canchila, E. R. (2012). 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. Revista CITCSA, 2(3): 1-12.
- Cuvier, D. (1998). Comparación morfométrica entre machos *Colossoma macopomum* mantenidos en estanque. Revista AquaTIC, N°17, Nariño-Colombia.
- Dañino, A.; Nash, O.; Chu-Koo, F. y Mori, L. (2011). Crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia de paco (*piaractus brachypomus*) cultivado en estanques con y sin revestimiento de geomembranas en la Amazonía peruana. En: Comunicaciones del Segundo Coloquio Internacional de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA), Manaus, Brasil. 151-158pp.
- Deng, D. F. and Wilson, R. P. (2003). Dietary riboflavin requirement of juvenile sunshine bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*). Aquaculture, 218: 695-701.
- Deza, S.; Quiroz, S.; Rebaza, M.; Rebaza, C. (2002). Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de pucallpa. Folia Amazónica, 13(1-2):49-64.
- Díaz, F. J. y López, R. A., (1995). El cultivo de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y de la cachama negra (*Colossoma macropomum*): Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Bogotá, Colombia. 207-221pp.
- Dirección Regional de la Producción de Madre de Dios/ DIREPRO-MDD, (2014). Informes del Diagnóstico de la actividad acuícola en la región de Madre de Dios y Estadística Pesquera en la región de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú.
- Elangovan, A. y Shim, K. F. (1997). “Growth response of juvenile *Barbodes altus* fed isocaloric diets with variable protein levels. Aquaculture, 158: 321-329.
- El-Sayed, A. F. M. (1989). Evaluation of semipurified test diets for *tilapia Zillii* fingerlings. J. World Aquac. Soc., 20(4): 240-244.
- Erazo, S. y Valles, C. E. (2010). Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*), Parroquia la Belleza, Provincia de Orellana. Tesis (Ingeniero en Recursos Renovables). Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. Cap. II; 8p.
- Félix, N. (2000). Los alimentos en el Perú. Revista Peruana de Cardiología. 26(2): 21.

- Figueroa, R. (1976).** La castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). En: Simposio internacional sobre plantas de interés económico de la Flora Amazónica, Programa Cooperativo para el Desarrollo del Trópico Americano (IIACA TROPICOS). Informe de conferencias. Cursos y reuniones. N°93. Turrialba, Costa Rica. 256-263pp.
- Flores, P. S. (1997).** Cultivo de Frutales Nativos Amazónicos. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima, Perú. 307p.
- Fontes, N.; Senhorini, J.; Lucas, A. (1990).** Efeito de duas densidades de estocagen no desempenho larval de « pacu » *Piaractus mesopotamicus* (Homberg, 1 887) x *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) em viveiros. Bol. Téc. CEPTA, Pirassununga, 3: 23-32.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO, (2014).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). Topics Fact Sheets. Texto de Jean-Francois Pulvenis. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO*. Roma, Italia. 227p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO, (2010).** Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 93p
- Furlán, A. L. y Bressani, R. (1999).** Recursos vegetales con potencial de explotación agroindustrial de Guatemala. Caracterización química de la pulpa y la semilla de *Theobroma bicolor*. Arch. Lat. Amer. Nut., 49(4): 373-378.
- Furlán, A. L.; Bressani, R. (1997).** Chemical characterization of the seed and pulp of *Theobroma bicolor*. Coffee and Cocoa News, 2(2): 17-22.
- Furuichi, M. (1988).** Carbohydrates. In: *Fish nutrition and mariculture*. (Watanabe Ed.): Tokio, pp. 44-55.
- García, J.; Villa, J.; Mori, L. (2012).** Efecto de cuatro niveles protéicos provenientes de la harina de sachu inchi *Plukenetia volubilis* (Euphorbiaceae) en el crecimiento de alevinos de banda negra *Myleus schomburgkii* (Pisces, serrasalmidae) criados en cautiverio. Folia Amazónica, 21(1-2): 53-62.
- Gentry, A. (1993).** A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America. Conservación Internacional Washington DC. 895p.
- Gélineau, A., G. Corraze y T. Boujard. (1998).** Effects of restricted ration, time-restricted Access and reward level on voluntary food intake, growth and growth heterogeneity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on demand with self-feeders. Aquaculture, 167(34): 247-258.

- Gloria, M. M. y Regitano D'Arce, M. A. B. (2000).** Concentrado e isolado proteico de torta de castanha-do-Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. Ciê. Tecnol. Aliment., 20: 1-13.
- Gonzales, A. (2007).** Frutales Nativos Amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 33p.
- González, A. y Torres, G. M. (2010).** Manual de Cultivo de Macambo *Theobroma bicolor* (Humb. & Bompl.). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP. Iquitos, Perú. 39p.
- González, J. y Heredia, B. (1989).** El cultivo de la "cachama". Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria (FONAIAP). Estación Experimental de Guárico, sub estación Guanapito. Maracay, Venezuela. 124p.
- González, R. (2001).** El cultivo de la cachama. En: Rodríguez, H.; Victoria, P.; Carrillo, M. (Editores). Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. 329-346pp.
- Granado, A. (1995).** Crecimiento del Morocoto *Piaractus brachypomus* (*Osteichthyes, Characiformes*) en jaulas flotantes. Rev. Lat. Acui., 4: 57-64.
- Gutiérrez, G.; Cruz, P. E.; Velasco, Y. M. (2009).** Efecto de extracto de algas marinas sobre parámetros productivos de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*): ensayos en laboratorio y a escala comercial. Revista Orinoquia, 13: 37-45.
- Gutiérrez, W.; Zaldívar, J.; Deza, S. y Rebaza, M. (1996).** Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (PISCES CHARACIDAE). Folia Amazónica, 8(2):35-45.
- Gutiérrez, Y. (2011).** Efecto de la inclusión de probiótico comercial (AMINO PLUS) en el alimento extruido sobre el crecimiento del híbrido "pacotana" (*piaractus brachypomus* ♀ x *colossoma macropomum* ♂), durante la fase juvenil", Tambopata - Madre de Dios. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Facultad de Ingeniería. Madre de Dios, Perú. 88p.
- Hardy, R. W. (2001).** Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimentos para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias. Panorama Acuícola, enero/febrero, 6(2): 24-25.
- Hernández, A. (1994).** Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura, Acuicultura y Desarrollo Sostenible. Santafé de Bogotá, Colombia. 9-23pp.

- Hernández, M. S. y Barrera, J. A. (2004).** Bases Técnicas para el aprovechamiento agroindustrial de especias Nativas de la amazonia. Proyecto de Investigación en el Manejo y Transformación de Frutos Nativos de la Amazonia Colombiana. Ed., Guadalupe LTDA. Colombia. 70-83pp.
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana-IIAP, (2006).** Cultivando peces amazónicos, 2^{da} Edición. Lima. 200p.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, (2002).** Por Salvador Tello, Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA). Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre De Dios. Perú. 22p.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI, (2001).** Universidad de la Amazonia. PRONATTA. Bases técnicas para el desarrollo de la agroindustria de frutas nativas en la Amazonia Occidental Colombiana. Florencia, Caquetá. Colombia.
- Landines, M.; Rodríguez, L. y Rodríguez, D. (2011).** Estrategias de alimentación para cachama y yamú a partir de prácticas de restricción alimenticia. Colombia. Editorial Produmedios. 25p.
- Lauzanne, L. y Loubens, G. (1985).** Peces del río Mamoré. Orstom-Cordebeni-UTB.
- Lavell, T. (1998).** *Nutrition and feeding of fish*. Kluwer Academic Publishers. Boston, 267p.
- López, P. y Anzoátegui, D. (2012).** Crecimiento en peso del híbrido cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) cultivado en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Tropical*, 30(4): 351-360.
- Loubens, G. y Panfili, J. (1997).** Biologie de *Colossoma macropomum* (teleostei: serrasalmidae) dans le bassin du mamoré (amazonie bolivienne). En: *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 8: 1-22.
- Machuca, J. y Mejía, P. (2008).** Utilización de la harina de lenteja de agua, *Lemna sp* (Lemnácea), en la alimentación de alevinos de paco *Piaractus brachypomus* y pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) criados en jaulas. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. 101p.
- Mancini, A. M. (2002).** Introducción a la biología de los peces. Cursos Introducción a la Producción Animal I, FAV UNRC. 4-19pp.
- Marcogliese, D. J. (2008).** The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev. Sci. Tech.*, 27: 467-84.
- Martínez, L. (1987).** Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. Alimentación en Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Espinoza y Labarta (eds.) Madrid, España. 295-322pp.

- McConnell, D. J. and Dillon, J. (1997).** Farm Management for Asia: a Systems Approach. FAO Farm Systems Management Series-13. FAO, Rome.
- Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S.; Barrera, J. A.; Carrillo, M. (2006).** *Theobrama*. Bogotá, Colombia, Editorial Scripto Ltda. p.160.
- Mercado F. J. (2008).** “Evaluación de dietas prácticas a partir del uso de pijuayo (*Bactris gasipaes*), castaña (*Bertholletia excelsa*) y mucuna (*Mucuna pruriens*) para paco (*Piaractus brachypomus*)”. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, facultad Ingeniería. Madre de Dios, Perú. 111p.
- Mesa, M. N. y Botero, M. C. (2007).** La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. Revista. Col. Cienc. Pec., 20: 79-86.
- Mitchell, H. H. and Beadles, J. R. (1937).** The nutritive value of the proteins of nuts in comparison with the nutritive value of beef proteins. Journal of Nutrition, 14(6): 597-608.
- Montero, D.; Robaina, L.; Socorro, J.; Vergara, J.M.; Tort, L. y Izquierdo, M.S. (2001).** Alteration of liver and muscle fatty acid composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles held at high stocking density and fed an essential fatty acid deficient diet. Fish Physiol. Biochem., 24: 63-72.
- Murillo, R. (2011).** Experiencias de una unidad productiva de cachama *Piaractus brachypomus* en jaulas flotantes en el municipio de San Carlos de Guaroa, Meta. En: XVIII Jornada de Acuicultura, 5 de octubre del 2011. Memorias, Universidad de Llanos, Villavicencio, Colombia. p.83.
- Norman, D. W.; Worman, F. D.; Siebert J. D. and Modiakgotla, E. (1995).** The farming systems approach to development and appropriate technology generation. FAO Farm Systems Management Series – 10. FAO, Rome.
- Ordenanza Regional N° 017-2009-GRMDD-CR. (2009).** Ordenanza que Declara a la Castaña Amazónica del Perú como Producto Bandera de la región de Madre de Dios. El Peruano Normas Legales. Lima, Perú.
- Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero-OLDEPESCA, (2010).** Estudio sobre los efectos del cambio climático en las especies acuícolas más importantes de la región, junio 2009. En: Memorias de la XXI Conferencia de Ministros, (San Francisco de Campeche, México 30-31 de agosto de 2010). OLDEPESCA-XXI-CM-2010-DI.20. San Francisco de Campeche, México. OLDEPESCA. 74p.
- Pacheco, A. M. (2003).** Ocorrência de Aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2) em Castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) proveniente de municípios do Estado do Amazonas na safra de 2002. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, p.65.

- Peragón, J.; Barroso, J. B.; García, L.; De la Higuera, M.; Lupiáñez, J. A. (1999).** Carbohydrates affect protein-turnover rates, growth, and nucleic acid content in the white muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 179: 425-437.
- Perez-Casanova, C., M.L. Rise, B. Dixon, L.O.B. Afonso, J.R. Hall, S. C. Johnson and A.K. Gamper. (2008).** The immune and stress responses of Atlantic cod to long-term increases in water temperature. J. Fish & Shellfish Immunol. 24: 600-60.
- Poleo, G.; Aranbarrio, J. V.; Mendoza, L.; Romero, O. (2011).** Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. En: Pesquisa agropecuaria brasileira, 46(4): 429-437.
- PRODUCE, (2012).** Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura 2013-2021. Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 40p.
- Quispe, E. J. (2006).** Evaluación de niveles de harina de castaña (*Bertholletia excelsa*) en raciones de inicio de inicio y crecimiento para gamitana (*Colossoma macropomum*) en Tambopata, Madre de Dios. Tesis (Ingeniero Zootecnista). Cusco, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia. 80p.
- Rebaza, C. (2004).** Proceso de cultivo de las especies amazónicas promisorias. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – Programa de Ecosistemas Acuáticos.
- Rebaza, C.; Valdivieso, M.; Rebaza, M. y Chu-Koo, F. (2008).** Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piractus brachypomus*, usando una dieta extrusada comercial en Ucayali. Folia Amazónica, 17(1-2): 7-13.
- Reyes, A. W. (1998).** Cultivo de peces amazónicos. Revista Peruana de Limnología y Acuicultura Continental. Año IV. N° 01. Publicación especial APLAC N° 4. Trujillo - Perú. 62p.
- Reyes, R.; Mathios, M. A.; Díaz, M. E. (2008).** Efecto de suplemento alimenticio con harina de kudzu (*Pueraria phaseoloides*) en el crecimiento y ganancia de peso en juveniles y alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). Artículo científico por la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP. Facultad de Zootecnia. Iquitos, Perú. 10p.
- Rivas, E. y Lozano, F. (2001).** Especies Promisorias de la Amazonía. Conservación, Manejo y Utilización del Germoplasma. Editorial CORPOICA C.I. Macagual - Caquetá - Putumayo. 72-74pp.
- Rosas, A. (2014).** Nutrición alternativa en cachama, *Piractus brachypomus*: Efecto hepático. Editorial académica española. 72p.

- Ruiz, J. (1993).** Alimentos del bosque amazónico: Una alternativa para la protección de los bosques tropicales UNESCO/ORCYT. Montevideo, Uruguay. 226p.
- Russell, L. (2008).** Fish indicators of aquatic ecosystem health: from the lab to the field. Doctor of Philosophy. Massachusetts. University of Massachusetts Amherst. 273p.
- Sano, M.; Ito, T.; Matsuyama, T.; Nakayasu, C. and Kurita, J. (2009).** Effect of water temperature shifting on mortality of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* experimentally infected with viral hemorrhagic septicemia virus. Aquaculture 286: 254-258.
- Sanz, F. (2009).** La nutrición y alimentación en piscicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid. DiScript Preimpresión, S. L.; 804p.
- Sargent, J. R.; Tocher, D. R. and Bell, J. G. (2002).** The lipids. En: Fish Nutrition, Third Edition. Editado por J.E. Halver y R.W. Hardy. Academic Press, New York. 181-57pp.
- Shearer, K. (1994).** Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. Aquaculture 119: 63-88.
- Shiau, S. Y. (1997).** "Utilization of carbohydrates in warmwater fish-with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* XO. aureus. Aquaculture, 151: 79-96.
- Shiau, S. Y.; Ling Yu, H.; Hwa, S.; Yan Chen, S.; Hsu, S. I. (1988).** The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. Aquaculture, 70: 345-354.
- Silva, J. A. M.; Pereira, M.; Oliveira, M. I. (2003).** Frutos e sementes consumidos pelo Tambaqui, *Colossoma macropomum* (cuvier 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e Velocidade de Trânsito pelo Trato Gastrointestinal. Bras. Zootec., 32(6): 1815-1824.
- Simões, A. V. (2004).** Impactos de tecnologias alternativas e do manejo da castanha-do-brasil (*bertholettia excelsa*, humb. & bonpl., 1808) no controle da contaminação por aflatoxinas em sua cadeia produtiva. Universidade Federal do Amazonas (Tese de Doutorado). Manaus, AM, p.70.
- Senhorini, J. y Fransozo, A. (1994).** Influencia da produtividade dos viveiros e a contribuição da ração na larvicultura do "pacu" *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Bol. Tec. CEPTA, 7: 27-40.
- Sipaúba, L. (1988).** Limnologia Aplicada a Aqüicultura. Universidade Estadual Paulista NESR. Bol. Tec. Nº 01. Centro de Aqüicultura. 71p

- Souza, M.L. De; Menezes, H.C. De. (2004).** Processamentos de amêndoa e torta de castanha do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. Ciênc. Tecnol. Aliment. 24(1): 120-128.
- Spini, V. B. M. G.; Ferreira, F. R.; Paduani, G. F.; Souza, C. S. and Kerr, W.E. (2006).** Efeito da adição de Castanha-do-Pará à dieta de arroz e feijão sobre o ganho de peso em camundongos. Bioscience Journal. 22(3): 89-93.
- Strahm, B. y Plattner, B. (2001).** Put the right tools in your toolbox to ease aquafeed extrusion. Feed Management, 52(3): 19-22.
- Swick, R. A. (2002).** Soybean meal quality: assessing the characteristics of a major aquatic feed ingredient. Global Aquaculture Advocate, 5: 46-49.
- Tafur, J. (2008).** Crecimiento y composición corporal del bujurqui - tucunaré "*Chaetobranchus semifasciatus*", del paco *Piaractus brachypomus* y de la gamitana *Colossoma macropomum* criados bajo el sistema de policultivo. Tesis, Cien. Biol. Loreto, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 77p.
- Tenazoa, L. E. (2013).** Efecto de niveles proteicos provenientes de la quinua, *Chenopodium quinoa* W. (*Quenopodiaceae*) en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) Cultivados en Corrales. Producción Científica. Loreto, Perú. CONCYTEC. 71p.
- Telles, L. (2009).** Influência da adição de torta de castanha do Brasil à dieta AIN-93G sobre o crescimento e composição corpórea de ratos Wistar. Tesis (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Campinas, Brasil. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. 90p.
- Tocher, D.R. (2003).** Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Rev. Fish. Sci. 11: 107-184.
- Vázquez, M. R. (1989).** Plantas útiles de la Amazonía Peruana. Mimeografiado, p.162.
- Vásquez, W. (2004).** Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Colombia. Editorial Juan XXIII Ltda. 101p.
- Vásquez, W. (2001).** Relação carboidratos: lipídios sobre o crescimento e a utilização de nutrientes em juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus*. Tese Doutorado, Programa de pós-graduação em Biología Tropical e Recursos Naturais. Manaus-AM, Universidade de Amazonas. 36-48pp.
- Vásquez, W. é Arias, J. A. (2013).** Crecimiento de juvenis de *Piaractus brachypomus* alimentados com dietas contendo diferentes perfis de aminoácidos essenciais. Brasil. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 48(8): 849-856.

- Vásquez, W.; Hernández, G.; Gutiérrez, M. C.; Yossa, M. I. (2012).** Efecto del nivel de proteína dietaria sobre el crecimiento y parámetros séricos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 25: 450-461.
- Vásquez, W.; Pereira, M.; and Arias, J. A. (2011).** Optimum dietary crude protein requirement for juvenile cachama *Piaractus brachypomus*. Brasil. Ciência Rural, 41(12): 2183-2189.
- Venkatachalam, M. and Sathe, S. K. (2006).** Chemical Composition of Selected Edible Nuts Seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54(13): 4705-47014.
- Watanabe, T., Ed. (1988).** *Fish Nutrition and Mariculture*. Tokio, Japon, JICA. 233p.
- Wilson, R. P and Halver, J. E. (1986).** Protein and amino acid requirement of fishes. Ann. Rev. Nutr., 6: 225-244.
- Woynarovich, A. y Woynarovich, E. (1998).** Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Una guía detallada para la reproducción de alevinos de gamitana, paco y caraña. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero-Fondepes. 1^{ra} Edición. Lima (Perú). 67p.

ANEXOS

Tabla 20. Análisis bromatológico de la Pulpa de Macambo *Theobroma bicolor*.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
• APARTADO POSTAL N° 921 - Cusco - Perú	• CIUDAD UNIVERSITARIA Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226	• MUSEO INKA Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
• FAX: 238156 - 238173 - 222512	• CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210 243835 - 243836 - 243837 - 243838	• CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
• RECTORADO Calle Tigré N° 127 Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398	• LOCAL CENTRAL Plaza de Armas s/n Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015	• COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA" Av. De la Cultura N° 721 "Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

INFORME DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE MACAMBO

MUESTRA : Macambo de Madre de Dios

DISTRITO : TAMBOPATA

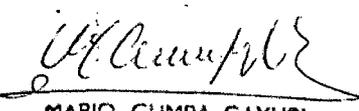
PROVINCIA : TAMBOPATA

DEPARTAMENTO : MADRE DE DIOS

SOLICITA : IIAP-MDD

FECHA : 20/02/2014

DETERMINACIONES		
Humedad	%	85.2
Proteínas	%	0.9
Ceniza	%	0.4
Carbohidratos	%	10.6
Fibra	%	2.5
Grasa	%	0.3
pH		6.1
Acidez (ácido cítrico)	%	0.23



MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
#ex. del Colegio de Ingenieros N° 16188

Fuente: Análisis bromatológico - Laboratorio Bioquímica UNSAAC, (2014).

Tabla 21. Análisis bromatológico de las dietas experimentales y Torta de Castaña.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO						
• APARTADO POSTAL N° 921 - Cusco - Perú	• CIUDAD UNIVERSITARIA Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226	• MUSEO INKA Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380				
• FAX: 238156 - 238173 - 222512	• CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210 243835 - 243836 - 243837 - 243838	• CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246				
• RECTORADO Calle Tigre N° 127 Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398	• LOCAL CENTRAL Plaza de Armas s/n Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015	• COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA" Av. De la Cultura N° 721 "Estadio Universitario" - Teléfono: 227192				

ANÁLISIS DE ALIMENTOS

SOLICITA : IIAP-MDD

MUESTRA : Alimentos para peces amazónicos

M1: torta de castaña

M2: alimento comercial del IIAP-MDD

M3: T1

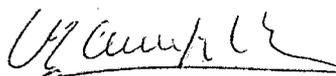
M4: T2

M5: T3

M6: alimento comercial purina

FECHA : 21/01/2014

DETERMINACION		M1	M2	M3	M4	M5	M6
Humedad	%	13.9	11.4	13.3	13.8	11.7	11.9
Proteínas	%	35	26	27	25	26	27
Carbohidratos	%	31.8	43.1	42.2	43.6	45.5	44.0
Grasa	%	6.9	6.1	6.3	6.2	6.0	3.6
Ceniza	%	11.4	11.3	9.7	9.4	9.3	11.3
Fibra	%	1.0	2.1	1.5	2.0	1.5	2.2
PH		6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8


MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16189

Fuente: Análisis bromatológico - Laboratorio Bioquímica UNSAAC, (2014).

Nota: M2 no pertenece al presente trabajo de investigación.

Tabla 22. Longitud Total Final (LTF) y Peso Final (PF) de los juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*), por cada tratamiento.

Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3			Tratamiento Testigo		
N°	LTF (cm)	PF (g)	N°	LTF (cm)	PF (g)	N°	LTF (cm)	PF (g)	N°	LTF (cm)	PF (g)
1	33,4	600	1	33,2	710	1	30,0	490	1	33,0	715
2	31,6	575	2	32,0	620	2	31,4	580	2	31,6	575
3	33,0	685	3	32,6	625	3	39,6	460	3	31,0	585
4	31,0	595	4	31,6	580	4	30,0	495	4	30,2	550
5	31,0	550	5	33,4	725	5	30,2	475	5	32,4	670
6	31,2	565	6	31,8	640	6	31,0	560	6	32,6	645
7	32,0	570	7	32,6	670	7	29,6	480	7	31,4	615
8	30,6	500	8	33,6	695	8	30,0	505	8	31,8	580
9	31,0	550	9	32,4	690	9	31,2	590	9	30,6	520
10	32,0	615	10	31,8	670	10	31,2	550	10	32,0	635
11	31,0	540	11	33,8	680	11	31,4	575	11	32,2	645
12	31,0	570	12	33,8	685	12	33,0	680	12	30,8	550
13	31,2	605	13	32,0	615	13	30,2	510	13	30,8	525
14	31,4	560	14	33,2	660	14	30,2	570	14	32,2	625
15	30,5	540	15	31,2	590	15	29,6	500	15	31,0	555
16	31,6	595	16	31,0	565	16	31,0	525	16	31,8	570
17	30,2	485	17	31,2	625	17	30,2	480	17	30,6	610
18	32,0	625	18	31,0	575	18	29,0	455	18	32,2	620
Promedio	31,43	573,61	Promedio	32,34	645,56	Promedio	31,04	526,67	Promedio	31,57	599,44

Fuente: Base de datos del último muestreo biométrico, (2014).

Tabla 23. Análisis de varianza ANOVA ($P>0,05$) de Longitud Total Final (LTF) en los tratamientos.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	16,084	3	5,361	2,797	,047
Error	130,325	68	1,917		
Total corregida	146,409	71			

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-*Statistical Package for Social Sciences*, (2014).

Tabla 24. Análisis de varianza ANOVA ($P>0,05$) de Peso Final (PF) en los tratamientos.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	133220,486	3	44406,829	16,848	,000
Error	179229,167	68	2635,723		
Total	312449,653	71			

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-*Statistical Package for Social Sciences*, (2014).

Tabla 25. Estadísticos Descriptivos de Longitud Total Final (LTF) en los tratamientos.

Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T1	18	31,4278	,82162	,19366	31,0192	31,8364	30,20	33,40
T2	18	32,3444	,97451	,22969	31,8598	32,8291	31,00	33,80
T3	18	31,0444	2,32385	,54774	29,8888	32,2001	29,00	39,60
TTestigo	18	31,5667	,80073	,18874	31,1685	31,9649	30,20	33,00
Total	72	31,5958	1,43600	,16923	31,2584	31,9333	29,00	39,60

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

Tabla 26. Estadísticos Descriptivos de Peso Final (PF) en los tratamientos.

Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T1	18	573,61111	46,203054	10,890164	550,63487	596,58735	485,000	685,000
T2	18	645,55556	48,715527	11,482360	621,32989	669,78122	565,000	725,000
T3	18	526,66667	57,726536	13,606275	497,95994	555,37340	455,000	680,000
TTestigo	18	599,44444	51,986675	12,253377	573,59208	625,29681	520,000	715,000
Total	72	586,31944	66,337767	7,817981	570,73083	601,90806	455,000	725,000

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

Tabla 27. Comparaciones múltiples con HSD de Tukey de Longitud Total Final (LTF) y Peso Final (PF) en los tratamientos.

Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Longitud Total Final (LTF)	T1	T2	-,917	,461	,203	-2,132	,299
		T3	,383	,461	,840	-,832	1,599
		TTestigo	-,139	,461	,990	-1,354	1,076
	T2	T1	,917	,461	,203	-,299	2,132
		T3	1,300*	,461	,031	,085	2,515
		TTestigo	,778	,461	,339	-,438	1,993
	T3	T1	-,383	,461	,840	-1,599	,832
		T2	-1,300*	,461	,031	-2,515	-,085
		TTestigo	-,522	,461	,671	-1,738	,693
	TTestigo	T1	,139	,461	,990	-1,076	1,354
		T2	-,778	,461	,339	-1,993	,438
		T3	,522	,461	,671	-,693	1,738
Peso final (PF)	T1	T2	-71,944*	17,113	,000	-117,016	-26,873
		T3	46,944*	17,113	,038	1,873	92,016
		TTestigo	-25,833	17,113	,437	-70,904	19,238
	T2	T1	71,944*	17,113	,000	26,873	117,016
		T3	118,889*	17,113	,000	73,818	163,960
		TTestigo	46,111*	17,113	,043	1,040	91,182
	T3	T1	-46,944*	17,113	,038	-92,016	-1,873
		T2	-118,889*	17,113	,000	-163,960	-73,818
		TTestigo	-72,778*	17,113	,000	-117,849	-27,707
	TTestigo	T1	25,833	17,113	,437	-19,238	70,904
		T2	-46,111*	17,113	,043	-91,182	-1,040
		T3	72,778*	17,113	,000	27,707	117,849

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

Fuente: Tabla de respuesta del SPSS 22-Statistical Package for Social Sciences, (2014).

Tabla 28. Promedios mensuales de los parámetros físico-químicos del agua en el estanque de tierra, cultivando juveniles de paco, alimentados con dietas experimentales utilizando torta de castaña *Bertholletia excelsa* y macambo *Theobroma bicolor*.

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS DEL AGUA DEL ESTANQUE						
Mes	Semana	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Alcalinidad (ppm CaCO ₃)	Dureza (ppm CaCO ₃)
octubre	Semana 1	7,01	25,87	8,68	20,00	20,00
	Semana 2	7,40	30,51	11,82	16,00	12,00
	Semana 3	6,81	29,33	7,65	20,00	16,00
	Semana 4	7,45	31,34	9,89	16,00	16,00
	PROMEDIO	7,17	29,26	9,51	18,00	16,00
noviembre	Semana 1	9,04	31,10	12,90	20,00	16,00
	Semana 2	8,17	29,43	7,28	20,00	18,00
	Semana 3	7,40	30,40	3,61	16,00	16,00
	Semana 4	8,25	31,48	9,21	20,00	16,00
	PROMEDIO	8,22	30,60	8,25	19,00	16,50
diciembre	Semana 1	8,72	28,86	5,12	18,00	20,00
	Semana 2	6,68	29,95	4,70	20,00	20,00
	Semana 3	6,22	26,97	4,11	20,00	24,00
	Semana 4	8,94	32,94	9,03	16,00	16,00
	PROMEDIO	7,64	29,68	5,74	18,50	20,00
enero	Semana 1	6,66	29,97	10,35	20,00	16,00
	PROMEDIO	6,66	29,97	10,35	20,00	16,00

Fuente: Base de datos del registro de parámetros físico-químico del agua, (2014).

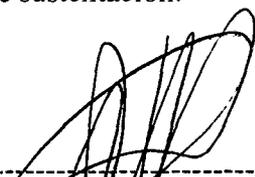
ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

En el anfiteatro N° 01 de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, siendo las 6:35 pm horas del día 09 de ~~setiembre~~ Del 2015, dando cumplimiento a la Resolución de Decanatura N°136-2015-UNAMAD-DFI, de Fecha 04 de setiembre de 2015, se Reunieron los Miembros del Jurado para sustentación del trabajo de tesis titulado **“EFECTOS DE DIETAS EXTRUIDAS EN BASE A TORTA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) y FRUTO DE MACAMBO (*Theobroma bicolor*) SOBRE LOS INDICES DE CRECIMIENTO Y ZOOTÉCNICOS EN EL CULTIVO DE PACOS JUVENILES (*Piaractus brachypomus*)”, PROVINCIA DE TAMBOPATA, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS**”, Presentado por la Bach. Natividad Chirinos Ochoa. A los siguientes Docentes.

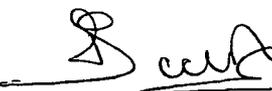
- | | |
|-------------------------------------|-------------|
| • Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya | Presidente |
| • M.sc. Roxana Madueño Portilla | Secretario |
| • M.sc. María Isabel Cajo Pinche | Vocal |
| • M.sc. Liset Rodríguez Achata | Accesitaria |

Con la finalidad de evaluar el trabajo de tesis titulado **“EFECTOS DE DIETAS EXTRUIDAS EN BASE A TORTA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*) y FRUTO DE MACAMBO (*Theobroma bicolor*) SOBRE LOS INDICES DE CRECIMIENTO Y ZOOTÉCNICOS EN EL CULTIVO DE PACOS JUVENILES (*Piaractus brachypomus*)”, PROVINCIA DE TAMBOPATA, DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS**”, Presentado por la Bach. Natividad Chirinos Ochoa. Acto seguido se procedió con la exposición del trabajo de tesis por parte del sustentante, el jurado procede con la fase de preguntas respectivas y luego el sustento del Tesista. Acto seguido el jurado procede a deliberar de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto con el calificativo de BUEN BUENO y una Nota de Diecisiete, previo a esto el graduado deberá de realizar el levantamiento a las observaciones entregadas por el jurado calificador.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las 07:55 p.m. horas del día 09 de ~~setiembre~~ del 2015, se dio por culminado el presente acto de sustentación.



Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya
PRESIDENTE



M.Sc. Roxana Madueño Portilla
SECRETARIO



M.Sc. María Isabel Cajo Pinche
VOCAL



M.Sc. Liset Rodríguez Achata
Accesitaria



Natividad Chirinos Ochoa

**INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES**

Puerto Maldonado, 19 de octubre de 2015

Mediante el presente, los Docentes:

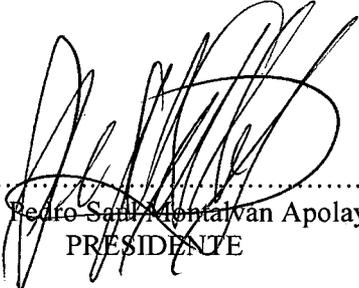
- *Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya* *Presidente*
- *Dra. Roxana Madueño Portilla* *Secretaria*
- *Dra. María Isabel Cajo Pinche* *Vocal*
- *M.Sc. Liset Rodríguez Achata* *Accesitaria*

Miembros del Jurado Calificador de la Tesis intitulada:

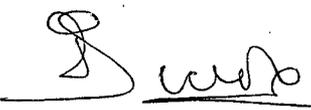
“Efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma bicolor*), sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus brachypomus*), provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios”, sustentada por la Bachiller NATIVIDAD CHIRINOS OCHOA, el 09 de septiembre de 2015 en la Ciudad Universitaria de la UNAMAD, emitimos el presente **INFORME DE CONFORMIDAD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES**, con lo cual la Señorita Tesista ha cumplido con realizar las modificaciones a las observaciones realizadas durante la sustentación de la Tesis.

Es todo cuanto informamos a Usted Señor Decano, para los fines correspondientes.

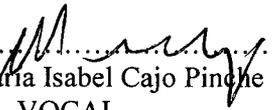
Atentamente;



.....
Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya
PRESIDENTE



.....
Dra. Roxana Madueño Portilla
SECRETARIA



.....
Dra. María Isabel Cajo Pinche
VOCAL



.....
M.Sc. Liset Rodríguez Achata
ACCESITARIA