

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE RACIONES ELABORADAS A BASE DE INSUMOS LOCALES,
COMO ALIMENTO SUPLEMENTARIO PARA LA PRODUCCION DE PACU
(*Colossoma macropomum*) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL SAPECHO**

LUIS ALBERTO APAZA CHOQUE

La Paz – Bolivia

2019

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

**EVALUACIÓN DE RACIONES ELABORADAS A BASE DE INSUMOS LOCALES,
COMO ALIMENTO SUPLEMENTARIO PARA LA PRODUCCION DE PACU
(*Colossoma macropomum*) EN LA ESTACION EXPERIMENTAL SAPECHO**

*Tesis de grado
Presentado como requisito
para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

LUIS ALBERTO APAZA CHOQUE

Asesor(es):

Ing. Agro. Johnny Ticona Aliaga

Ing. Agr. Ángel Fernando Jira Hernández

Tribunal Examinador:

MVZ. Martha Gutiérrez Vásquez

Ing. Zoot. M.Sc. Patricia Ada Fernández Osinaga

Ing. Rubén Tallacagua Terrazas

APROBADO

Presidente Tribunal Revisor:

**La Paz - Bolivia
2019**

DEDICATORIA

**A Dios, a mi familia por su amor,
paciencia, confianza, comprensión y
sobre todo su gran apoyo incondicional
en todo mi ciclo de estudio**

AGRADECIMIENTO

A todo el personal técnico y trabajadores de la Estación Experimental de Sapecho por el apoyo incondicional en toda fase de campo del presente trabajo de investigación.

A mis asesores Ing. Johnny Ticona Aliaga y Ing. Ángel Fernando Jira Hernández, por proponer el trabajo de investigación, guiarme y brindarme todo su apoyo para que concluya exitosamente.

A mis revisores, MVZ. Martha Gutiérrez Vásquez, Ing. Zoot. M.Sc. Patricia Ada Fernández Osinaga, Ing. Rubén Tallacagua Terraza, por apoyarme en el trabajo de campo y aportar con su conocimiento el enriquecimiento del trabajo de investigación.

A los trabajadores de la Estación Experimental de Sapecho, Don Julio, Wily, Juan, German, Benito, gracias por brindarme su amistad.

A mis queridos amigos y amigas tesistas: Jorge, Celso, Henry, Roger, Carlos, Milton, Andrez, German, Delia, Milenka, Mariela, Mariana, Emma y en especial a Mary Laura Triguero por brindarme su amistad y apoyo incondicional

CONTENIDO GENERAL

	pág.
ÍNDICE GENERAL.....	i
LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivo específicos.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Origen y hábitat del pacú	4
3.2 Características generales del pacú.....	4
3.2.1 Descripción taxonómica	4
3.2.2 Descripción morfológica.....	5
3.3 Cultivo de Pacú en Bolivia.....	6
3.4 Hábito alimenticio.....	6
3.5 Nutrición del Pacú.....	7
3.5.1 Requerimiento nutricional del pacú.....	7
3.6 Alimentación de los peces en cautiverio	11
3.6.1 Alimento natural	11
3.7 Alimento balanceado	14
3.8 Alimento complementario.....	15
3.9 Alimento suplementario.....	15
3.10 Frutas y productos ecológicos	15
3.11 Germinación y emergencia de una semilla	16
3.12 Composición nutricional del Maíz	17
3.13 Composición nutricional de la Chicharrilla	18
3.14 Composición nutricional del Plátano	19
3.15 Tasa de alimentación	20
3.16 Raciones diarias	21
3.17 Calidad de agua	22
3.17.1 Físicos	22
3.17.2 Químicos	24
3.18 Factores que afectan la digestión de los nutrientes en las diferentes especies	26

3.19 Sanidad del Pacú.....	26
3.19.1 Prevención.....	26
3.19.2 Principales síntomas que ayudan a la detención de enfermedades	27
3.19.3 Enfermedades más comunes.....	27
3.19.4 Factores que facilitan la aparición de enfermedades	30
4. LOCALIZACION.....	33
4.1 Características edafoclimaticas	34
4.2 Principales cuencas en el área.....	35
5. MATERIALES Y METODOS	36
5.1 Materiales.....	36
5.1.1 Material genético	36
5.1.2 Equipos.....	37
5.1.3 Material de campo	37
5.1.4 Materiales de escritorio.....	38
5.2 Metodología.....	38
5.2.1 Procedimiento experimental	38
5.3 Análisis estadístico	54
5.4 Croquis experimental.....	54
5.5 Variables de respuesta.....	55
5.5.1 Ganancia de peso vivo	55
5.5.2 Velocidad de crecimiento (cm).....	55
5.5.3 Análisis económico	56
6. RESULTADOS Y DISCUCIONES	57
6.1 Evaluaciones de ganancia de peso	57
6.1.1 Ganancia de peso vivo	57
6.1.2 Velocidad de crecimiento	60
6.2 Análisis económico	62
7. CONCLUSIONES	63
8. RECOMENDACIONES	64
9. BIBLIOGRAFIA	65
10. ANEXOS.....	67

LISTA DE CUADROS

CUADRO	Pág.
Cuadro 1: Descripción taxonómica del pacú.	4
Cuadro 2: Requerimiento de nutrientes del Pacú.	8
Cuadro 3: Requerimiento de ácidos grasos.	9
Cuadro 4: Composición nutricional del germinado de maíz.	18
Cuadro 5: Composición nutricional de la Chicharrilla	19
Cuadro 6: Composición nutricional de la pulpa de Plátano.	20
Cuadro 7: Tasa de alimentación para paces según su peso	21
Cuadro 8: Parámetros físicos y químicos del agua	22
Cuadro 9: Valores normales para la cría de Pacú	25
Cuadro 10: Composición nutritiva del alimento balanceado comercial Súper pacú.	50
Cuadro 11: Calculo de la ración inicial en gramos.	51
Cuadro 12: Calculo del alimento suplementario diario expresado en gramos	52
Cuadro 13: Frecuencia de alimentación	53
Cuadro 14: Prueba de comparación de medias “t” Student.	59
Cuadro 15: Resumen de los parámetros de análisis de costos para la producción de pacú	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1: Pacú (<i>Colossoma macropomum</i>)	5
Figura 2: Alimentos naturales (fitoplancton)	12
Figura 3: Alimentos naturales (Zooplancton)	12
Figura 4: Alimentos naturales (Insectos).....	13
Figura 5: Alimentos naturales (Larvas de insectos y ninfas).....	13
Figura 6: Formas de presentación del alimento balanceado)	14
Figura 7: Desarrollo de un Embrión.....	17
Figura 8: Estructura anatómica del grano del maíz, Arendt y Emanuele	17
Figura 9: Cosecha de Chicharrilla.....	19
Figura 10: Enfermedad producidas por hongos.....	28
Figura 11: Enfermedad producida por virus	29
Figura 12: Lesiones patológicas.....	29
Figura 13: Ubicación geográfica	33
Figura 14: Estanques piscícolas para crianza y estudio de peses	34
Figura 15: Selección de peces Pacú con un peso promedio de 36.5 gramos.	36
Figura 16: Peces Pacú seleccionados como objetos de estudio,(Material biológico).....	37
Figura 17: Deshierbe del estanque y los taludes.....	39
Figura 18: Presencia de lodo y materia orgánica en descomposición	39
Figura 19: Eliminación de lodo y materia orgánica en descomposición con la ayuda de un tractor agrícola.	40
Figura 20: Encalado del estanque	40
Figura 21: Medición del estanque para realizar las separaciones	41

Figura 22: Tesado de alambre galvanizado para las separaciones	41
Figura 23: Separación del estanque con malla saram en 4 tratamientos iguales.	42
Figura 24: Instalación de tuberías y motobomba para el bombeo de agua.....	42
Figura 25: Recolección y fertilización con bosta de ganado al estanque de estudio	43
Figura 26: Acopio de insumos locales	44
Figura 27: Pelado manual del plátano	45
Figura 28: Picado manual del plátano.....	45
Figura 29: Secado del plátano picado	46
Figura 30: Colocado de semillas remojadas en bandejas con te de humus	47
Figura 31: Emergencia del cotiledón al 2 día después de colocarlo al te de humus.....	47
Figura 32: cotiledón desarrollado entre 3 a 5 cm de altura	48
Figura 33: Colocado de semillas remojadas en bandejas con te de humus	49
Figura 34: Alimento balanceado utilizado en la investigación.	50
Figura 35: Comparación del peso promedio de los cuatro tratamientos evaluados	58
Figura 36: Efecto del tipo de alimentación en el peso	59
Figura 37: Comparación de la longitud de los cuatro tratamientos, los colores expresan la cantidad promedio alcanzada para la toma de datos	60
Figura 38: Desarrollo del diámetro pecho. Los colores expresan la cantidad promedio alcanzada para la toma de datos.....	61

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la estación experimental de Sapecho, ubicado en el municipio de Palos Blancos-Sud Yunga, del departamento de La paz. Las Raciones evaluadas fueron elaboradas a base de insumos locales como el Plátano deshidratado, Germen de Maíz y Germen de Chicharrilla, utilizados como suplemento al alimento peletizado que se utiliza en la zona, para la alimentación y producción de Pacú. El trabajo en campo fue 6 meses, la toma de datos (Biometria) se hicieron cada 5 semanas, en total 4 biometrias donde se determinaron los siguientes parámetros: Ganancia de Peso, Velocidad de crecimiento en longitud, Velocidad de crecimiento en Diámetro pecho y un Análisis Económico. Se utilizó un diseño de Comparación de medias "t" Student teniendo 3 tratamientos y un testigo, T1: Alimento balanceado más la adición de Germen de Maíz, T2: Alimento balanceado más la adición de Plátano seco picado, T3: Alimento balanceado más la adición de Germen de Chicharrilla y el T4 testigo: Alimento balanceado. Se utilizó 155 peces Pacú en cada Unidad Experimental, haciendo un total de 620 peces Pacú utilizados en el estudio. En la Variable Ganancia de Peso el tratamiento 1 mostro resultados de 375.54 gr, el tratamiento 2 presento 360.12 gr, el tratamiento 3 presento 309.64 gr y el tratamiento 4 que es nuestro testigo presento 322.9 gr. La variable Velocidad de Crecimiento en longitud presenta los siguientes resultados: el tratamiento 1 presenta 27.06 cm, el tratamiento 2 presenta 26.34 cm, el tratamiento 3 presenta 25.32 cm, el tratamiento 4 testigo presenta 25.76 cm de. La variable Velocidad de crecimiento en Diámetro pecho presenta los siguientes resultados: el tratamiento 1 presenta 12.16 cm, el tratamiento 2 presenta 11.48 cm, el tratamiento 3 presenta 10,94 cm, el tratamiento 4 testigo presenta 11.16 cm de diámetro pecho. El análisis económico arrojó resultados para el tratamiento 1 un 1.40 de utilidad, el tratamiento 2 un 1.59 de utilidad, el tratamiento 3 un 1.67 de utilidad y el tratamiento 4 testigo un 1.58 de utilidad. Según los resultados obtenidos el tratamiento 1, Alimento balanceado más la adición de Germen de Maíz es el que obtuvo los mejores resultados superando a los tratamientos 2 y 3, al igual que al testigo.

Palabras clave: Biometría, Insumos, Germen, Raciones, Suplementación.

ABSTRACT

This work was carried out in the experimental station of Sapecho, located in the municipality of Palos Blancos-Sud yungas of the department of La Paz. The Rations elaborated based on local inputs were evaluated as the main source was the Dehydrated Banana, Corn Germ and Chicharrilla Germ used as a supplementary food for the production of Pacú. The field work was 6 months, the controls (Biometrics) were made every 5 weeks, being in total 4 controls where the following parameters were determined: Weight Gain, Growth Speed in Length, Growth Speed in Chest Diameter and an Economic analysis. A "t" Student Mean Comparison design was used with 3 treatments and one control, T1: Balanced food plus the addition of Corn Germ, T2: Balanced food plus the addition of chopped dry Banana, T3: Balanced food plus the addition de Germen de Chicharrilla and the T4 witness: Balanced food. 155 Pacú fish were used in each Experimental Unit, making a total of 620 Pacú fish used in the study. In the Variable Weight Gain treatment 1 showed results of 375.54 grams in weight, treatment 2 presented 360.12 grams, treatment 3 presented 309.64 grams and treatment 4 which is our witness presented 322.9 grams. The variable Growth Speed in length has the following results: treatment 1 has 27.06 cm, treatment 2 has 26.34 cm, treatment 3 has 25.32 cm, and treatment 4 controls have 25.76 cm. The variable Growth speed in Chest Diameter has the following results: treatment 1 has 12.16 cm, treatment 2 has 11.48 cm, treatment 3 has 10.94 cm, and treatment 4 control has 11.16 cm in chest diameter. The economic analysis yielded results for treatment 1 a useful 1.40, treatment 2 useful 1.59, treatment 3 useful 1.67 and treatment 4 witness a useful 1.58. According to the results obtained in treatment 1, Balanced food plus the addition of Corn Germ is the one that obtained the best results surpassing treatments 2 and 3, as well as the control.

Keywords: Biometrics, Supplies, Germ, Portions, Supplementation.

1. INTRODUCCIÓN

La producción acuícola mundial en el año 2016 fue de 54,1 millones de toneladas de pescado comestible, dato de sólo peces cultivados. China fue el principal productor de pescado comestible con 15.246,234 toneladas en la gestión 2016, produciendo una cantidad mayor que todo el resto del mundo cada año desde 1991. Seguido de Indonesia con 6.109,783 toneladas. Esto incrementó el crecimiento económico y el comercio en un 7% respecto al año anterior y en 2017 el crecimiento económico fortaleció la demanda y elevó los precios, incrementando de nuevo el valor de las exportaciones mundiales de pescado en alrededor de un 7% hasta alcanzar un máximo estimado de 152,000 millones de USD. (FAO, 2018)

El consumo per cápita aparente de pescado a nivel mundial registró un promedio de 9,9 kg en la década de 1960 a 19,7 kg en 2013 y 20,3 kg en 2016 con estimaciones preliminares que apuntan a los años próximos apuntan a un nuevo aumento hasta alcanzar unos 20,5 kg, respectivamente. (FAO, 2018)

En Bolivia la piscicultura se inició con la introducción de varias especies de salmónidos de agua dulce en la década de 1930. Como la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la cuenca del Altiplano, la que se adaptó mejor a la piscicultura extensiva donde el objetivo fue desarrollar su pesquería basada en su cultivo. (FAO, 2016)

En el norte paceño y la región del Alto Beni la crianza de peces nativos amazónicos (Pacú, Tambaqui y otros.) es un rubro que crece a mayor escala. Esto se debe en gran parte a las condiciones favorables como: Tierra arcillosa e impermeable, agua con buena calidad en su pH, conductibilidad eléctrica, oxígeno disuelto, entre otros, y al apoyo proporcionado por la gobernación, instituciones y por medio de proyectos impulsados por el viceministerio de acuicultura y pesca. (PDM, 2014 - 2018)

Actualmente en el municipio de Palos Blancos se ha logrado identificar a más de 223 productores que se dedican a la crianza de peces, organizados en asociaciones y otros emprendimientos de manera privada, se tiene registrado 70250 m² espejo de agua teniendo un promedio por familia 315 m² de espejo de agua equivalente a un estanque

piscícola de 30 m x 10 m distribuido en los diferentes distritos, alrededor de 41100 peces entre la especie de Pacú, Tambaqui y Tilapia en diferentes etapas de crecimiento. (PDM, 2014 - 2018)

El Pacú, Tambaqui y Tilapia son peces Amazónicos criados de manera comercial, con emprendimientos de los propios productores, naciendo nuevas necesidades en cuanto a asistencia técnica, manejo, sanidad, alimentación por ser un rubro nuevo. Por otro lado, también se debe a la producción de conocimientos de especies nativas sus hábitos alimentarios, migratorios y de reproducción, son parte de la sabiduría colectiva, tecnologías adaptadas al entorno. (PDM, 2014 - 2018)

Uno de los problemas más grandes en producción Piscícola de la región es la provisión de alimento balanceado, debido al costo elevado de este producto, los mismos que afectan los ingresos económicos de los productores.

Debido a la alta existencia de producción agrícola de descarte de especies como el banano, plátano, maíz, chicharrilla y otros frutos que se comercializan, existen descartes por tamaño, color, madurez, los mismos que se desechan en la mayoría de los casos, motivo por el cual el presente trabajo planteó la suplementación en la alimentación con plátano, maíz y chicharrilla en los estanques piscícolas de la Estación Experimental Sapecho, para evaluar la ganancia de peso y la velocidad de crecimiento del Pacú, tomando en cuenta que esta especie es omnívora.

Por lo tanto, este trabajo brinda datos sobre su efecto en la ganancia de peso y crecimiento, de esta manera se recomienda a los productores sobre el valor nutricional que tiene los insumos locales utilizados, disminuir los costos de producción y obtener mayores ganancias económicas para el productor por medio de la suplementación en la alimentación del Pacú.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar tres insumos locales (germen de maíz, germen de chicharrilla y plátano seco) como alimento suplementario en la producción de pacú (*Colossoma macropomum*) en la Estación Experimental de Sapecho.

2.2 Objetivo específicos

- Determinar el efecto de plátano deshidratado, germen de maíz y germen de chicharrilla, empleados como alimento suplementario en la ganancia de peso del pacú.
- Evaluar la velocidad de crecimiento con cada uno de los alimentos suplementarios.
- Realizar el análisis económico Beneficio/Costo de los diferentes tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origen y hábitat del pacú

El Pacú es un pez de origen amazónico emparentado con las pirañas en cuencas de los ríos de la Amazonia y sus afluentes, (Díaz & López 1993, González 2001), vive en aguas con temperaturas de 23 a 30 °C, con una concentración de oxígeno disuelto de 3 a 6.5 mg/l y pH de 6 a 7.5 y en el Orinoco el pacú tiene hábitos diurnos, vive asociada a áreas con gran cantidad de vegetación y comúnmente se encuentra en el cauce principal de los ríos, esteros, lagunas y caños. (Agudelo *et al.* 2011)

Su alevín es claramente diferenciado por su color plateado y una mancha negra en los laterales. Realiza migraciones para alimentarse y reproducirse; es de régimen omnívoro, presenta dientes adaptados para triturar frutos y semillas, aunque también consume activamente zooplancton e insectos acuáticos. (Soorgelos, 2010).

3.2 Características generales del pacú

3.2.1 Descripción taxonómica

Cuadro 1: Descripción taxonómica del pacú.

REINO:	Animalia
FILO:	Chordata
CLASE:	Actinopterygii
ORDEN:	Characiformes
FAMILIA:	Serrasalminae
SUBFAMILIA:	Myleinae
GÉNERO:	Colossoma
ESPECIE:	<i>Colossoma macropomum</i>
NOMBRE COMUN:	“Gamitana” (Perú), “Cachama negra” (Venezuela), “Cachama” (Colombia), “Tambaquí” (Brasil), “Pacú” (Bolivia).

Fuente: CUVIER, 1918 citado por (Nuñez, S. et al 2017)

3.2.2. Descripción morfológica

El Pacú presenta una forma romboidal redondeada y presenta una coloración diferente, con el cuerpo plateado salpicado de puntos oscuros, destacando una mancha negra en la parte central de los lados del pez, presenta escamas relativamente pequeñas y fuertemente adheridas a la piel, lo que facilita su diferenciación de otros alevines como es el caso del Tambaqui y la Piraña, de borde ventral afilado con escamas en forma de "V". (Nuñez, 2017)

Presenta una aleta adiposa con radios osificados, estos radios son más numerosos duros y uniforme cuando el pez alcanza la mayoría de edad. Poseen vejiga natatoria rodeada de cámaras bien desarrolladas, la cámara anterior es más grande que la posterior. Tiene un crecimiento extraordinario y que puede adaptarse al cultivo intensivo, puede llegar a pesar hasta 28.5 Kg en las partes altas de la cuenca y medir 1.00m de longitud. (Nuñez, 2017)

Alcanza su madurez sexual a los cuatro años, reproduciéndose al inicio de la creciente de los ríos (octubre a diciembre). En cautiverio ocurre la madurez sexual pero no llega a desovar debido a que no existen corrientes de agua



Figura 1: Pacú (*Colossoma macropomum*), Fuente: Propia

3.3 Cultivo de Pacú en Bolivia

En Bolivia los estanques más empleados en la piscicultura local son de tierra y están escavados en suelos arcillosos, con superficies que van desde 0,005 ha hasta 1 ha, siendo los más apropiados para el manejo. De acuerdo con las experiencias realizadas en el departamento de Beni y Santa Cruz los de 0,2 ha (20x100m) son de uso común. Sin embargo, estos estanques no pueden ser vaciados totalmente, aspecto que dificulta su manejo. Debido a la presencia de fríos polares, los piscicultores recomiendan que los estanques tengan 2 m en la parte más profunda especialmente en zonas donde se presenta dichos frentes fríos. La talla de cosecha varía entre 1,2 y 3,0 Kg. En algunas regiones hay mercado para peces de 0,4 Kg. (Canal, 2015)

Existen 5 empresas en Bolivia que producen alimento para peces tropicales, todas están localizadas en Santa Cruz y destacan **Vallecito, Eco Line, Súper pacú**, que producen alimentos extruidos debido a su mejor flotabilidad y aprovechamiento. (Canal, 2015)

3.4 Hábito alimenticio

La alimentación es uno de los puntos más importantes, los peces necesitan nutrientes que le proporcionen energía, proteínas, grasas, vitaminas y minerales para poder desarrollarse en las diferentes etapas del crecimiento. (Cepac, 2013)

El Pacú es un pez omnívoro, es decir se alimenta de diferentes productos, tales como frutos, semillas, hierbas, insectos y plancton. Presenta dientes molariformes que le permiten triturar semillas tan duras como la del aguaje sin dificultad y sus branquias presentan unos rastrillos con finas y largas branquiespinas, que le permiten filtrar el plancton microscópico (Campos, 2007)

En su ambiente natural tiene una amplia selección de alimentos, algas filamentosas, partes de plantas acuáticas, tanto frescas como en descomposición, zooplancton, insectos terrestres y acuáticos así también caracoles, moluscos, frutas secas, granos duros y blandos. El mayor porcentaje de sus dietas está constituido por plancton, hojas, semillas y frutos. Este pez posee largos y poderosos dientes que le permiten comer muchas semillas. (Nuñez, 2017)

Cuando los peces se encuentran en la fase de alevines necesitan mayor cantidad de proteínas en la dieta (40%), cuando los peces están en la etapa de crecimiento su dieta requiere menor proporción de proteínas (35%) y en la etapa de engorde esta proporción de proteínas baja aún más (25%). (Cepac, 2013)

3.5 Nutrición del Pacú

La nutrición de los peces ha tenido procesos lentos, pero en los últimos años se han logrado importantes resultados. En la piscicultura moderna es necesario conocer la relación entre el alimento y el pez, pues del alimento se debe de conocer la disponibilidad, composición química, digestibilidad, valor nutritivo, limitaciones en su uso (presencia de toxinas, contenido de grasas) y su precio; del pez, se debe de conocer el requerimiento nutricional, composición química, fisiología digestiva y aprovechamiento del alimento, además de considerar factores externos como la cantidad y la calidad de agua (oxígeno disuelto, temperatura, anhídrido carbónico, pH) (CIDAB, 2002). Citado por (Diaz, 2008)

3.5.1 Requerimiento nutricional del pacú

Están directamente relacionados con el hábito alimenticio de los peces.

3.5.1.1. Proteínas y aminoácidos

Las proteínas son los nutrientes más importantes para la vida y el crecimiento del pez. Para la alimentación de los peces en sus diferentes estadios, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que, en la elaboración de alimentos balanceados, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo total del alimento. Por lo general, el Pacú crece mejor con alimentos que contienen entre 20 a 30% de proteína. (Nuñez, 2017)

Diferentes investigaciones sobre los requerimientos óptimos de proteína realizada con dietas purificadas, semipurificadas y comerciales han dado como resultado que estas

especies requieren entre 17% a 36% de proteína cruda para obtener un buen desempeño en crecimiento y resultados en producción. (Landines M. et al, Acuioriente, 2011), citado por (Santamaria, 2014)

Cuadro 2: Requerimiento de nutrientes del Pacú.

ITEM	ALEVINOS A JUVENILES	CRECIMIENTO Y ENGORDE	REPRODUCTOR
PROTEINA % min	35	25	30
LIPIDOS % min	8	5	5
CALCIO % min	0,8	0,5	0,8
CALCIO % max	1,5	1,8	1,5
FOSFORO DISPONIBLE % min	0,6	0,5	0,6
FOSFORO DISPONIBLE % max	1	1	1
METIONINA + CISTINA 50/50 % min	1	0,9	1
LISINA % min	2	1,6	1,8
ENERGIA DIGESTIVA c/100 mg	310	280	280

Fuente: Soorgelos, 2010.

Existen dos fuentes de proteína: las de origen vegetal y las de origen animal. Las materias primas que aportan proteína de origen animal son las harinas de pescado y de sangre principalmente. La proteína de origen vegetal se obtiene del polvillo de arroz, maíz, torta de soya, pasta de algodón, trigo y otros. (Cepac, 2013)

3.5.1.2. Energía

La energía no es un nutriente propiamente dicho, es una propiedad de los nutrientes que es liberada durante el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos (azúcares). Es importante un correcto balance de energía cuando se formulan dietas, debido a que una cantidad elevada puede resultar una disminución en el consumo del alimento y en el contenido energético de la dieta puede disminuir el exceso de grasa y la ganancia de peso podría reducirse. Un nivel adecuado de energía digestible de 3.2 a 3.6 kcal/g es óptimo para niveles de proteína de 23 a 26%. (Santamaria, 2014)

3.5.1.3. Lípidos y ácidos grasos

Los lípidos en el Pacú tienen dos funciones principales: como recurso de energía metabólica inmediata y como recurso de ácidos grasos esenciales. En la formulación es conveniente usar valores moderados de grasa, entre 6 y 8%. Es importante saber que cuando un alimento contiene mucha grasa, durante su almacenamiento se produce rancidez, dañando la calidad del alimento e inclusive exponiendo al pez a problemas de toxicidad. Una buena fuente de lípidos es el aceite de pescado. Sin embargo, en Pacus alimentados con yuca, maíz y otros insumos se observó un alto contenido graso. (FONDEPES, 2012)

Los lípidos en la dieta son la única fuente de ácidos grasos esenciales, nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo y crecimiento de los peces. Un grupo de lípidos denominados fosfolípidos son fundamentalmente en el mantenimiento de la estructura celular. Los lípidos también son precursores de hormonas y son necesarios para la absorción de algunas vitaminas; ejercen una función como attractante en dietas balanceadas y su composición en esta puede variar la composición de ácidos grasos del músculo del pez. (Landines M. et al. 2011).Citado por (Santamaria, 2014)

Cuadro 3: Requerimiento de ácidos grasos.

Ácidos grasos	Cantidad
SFA	39,53 +-1.05
MUFA	34.66 +- 1.93
PUFA	25.82 +- 1.90
N3	8.22 +- 1.19
N6	16.84 +- 0.71
N6/N3	2.08 +- 0.22

Fuente: Riaño et al., "2011" citado en (Santamaria, 2014)

3.5.1.4. Carbohidratos

Es un grupo de sustancias que incluye azúcares, almidones y celulosa, y son la fuente más barata de energía en la dieta; además de contribuir en la conformación física del

pellet y su estabilidad en el agua. Los peces herbívoros y omnívoros utilizan mejor los carbohidratos, comparado con los peces carnívoros. En el medio natural, estos peces se alimentan en gran escala de frutos, semillas y hojas de plantas, que están constituidas mayormente de carbohidratos. (FONDEPES, 2012)

Los peces de aguas cálidas, incluyendo la Pacú y el Tambaqui, pueden utilizar como principal fuente de energía altos niveles de carbohidratos dietarios, lo que no ocurre con peces de agua fría como la trucha o con especies marinas. (NRC, 1993). Citado en (Santamaria, 2014)

El principal carbohidrato presente en las dietas balanceadas para peces es el almidón, el cual está constituido por unidades de glucosa. Y la principal fuente de almidón son los cereales, dentro de los que se destacan por su importancia en nutrición de peces es el maíz, arroz, trigo y sus subproductos. En algunas regiones del país se utiliza la Yuca como fuente de almidón. (Santamaria, 2014)

3.5.1.5. Vitaminas

La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto, deben de ser suplementadas en una dieta balanceada. Las vitaminas son importantes como factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas. Los peces de aguas cálidas requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta. (FONDEPES, 2012)

Las vitaminas son sustancias orgánicas requeridas en pequeñas cantidades, esenciales para el crecimiento, mantenimiento, salud y reproducción de los peces. Las vitaminas pueden dividirse en dos grupos; liposolubles e hidrosolubles. En el primer grupo están las vitaminas A, D, E y K; y en el segundo la vitamina C, la tiamina (B1), la riboflavina (B2), el ácido pantoténico (B3), la Piridoxina (B6), la Cianocobalamina (B12), la colina, la biotina, el ácido fólico y la niacina. Cada una de estas vitaminas tiene una función específica en el organismo y la correcta suplementación de cada una en la dieta determinara un óptimo desempeño productivo. (landines M. *et al.* 2011), citado por (Santamaria, 2014),

3.5.1.6. Minerales

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel de las células. También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. (FONDEPES, 2012)

3.6. Alimentación de los peces en cautiverio

La alimentación de los peces en cautiverio, puede realizarse ya sea utilizando alimentos naturales, balanceados, frutas y/o productos ecológicos, complementarios, suplementarios de origen animal o vegetal. La utilización de cada uno de ellos estará en función de la cantidad de peces, tamaño del estanque, cantidad de alimento natural que produce el estanque, disponibilidad de insumos locales, recursos económicos y tiempo del eco piscicultor, etc. (Castañón *et al.*, 2001), citado por (Díaz, 2008)

Se denomina alimento a toda sustancia capaz de aportar nutrientes para el organismo y de acuerdo a su origen puede ser natural o elaborado. A continuación, se describen algunas características de estos tipos de alimentos.

3.6.1. Alimento natural

Son aquellos naturalmente presente en los estanques, compuesto principalmente por zooplancton, fitoplancton, insectos, caracoles o comúnmente llamado pulgas de agua, plantas acuáticas entre otros; este puede producirse de forma natural fertilizando el estanque con abonos de preferencia orgánicos (bosta de ganado y otros). (FAO, 2012)

Se considera alimento natural a las sustancias generadas en el medio en donde viven los peces, en donde la participación del hombre es poca o nula. Un ejemplo, la producción Fito y Zooplancton en un estanque es propiciado por la incorporación de abono. (FAO, 2011),

Dentro del alimento natural se tiene un primer grupo que está constituido por el plancton que se desarrolla en los estanques después de la fertilización. Este alimento constituye la base de la alimentación de los peces, sobre todo de los alevines (Guerra *et al.*, 1995). Citado por (Díaz, 2008)

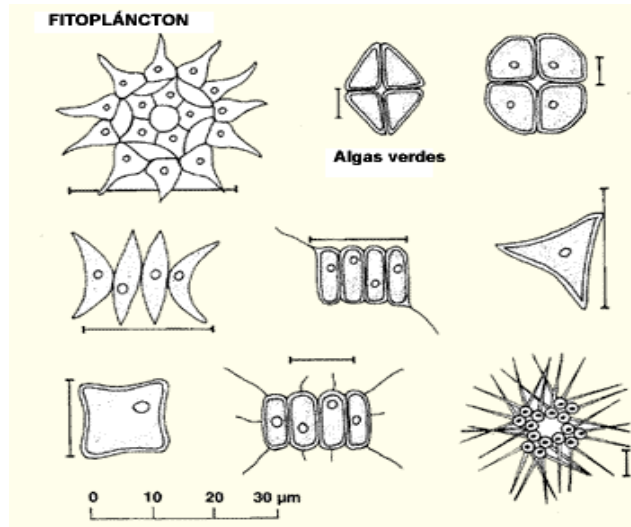


Figura 2: Alimentos naturales (fitoplancton)

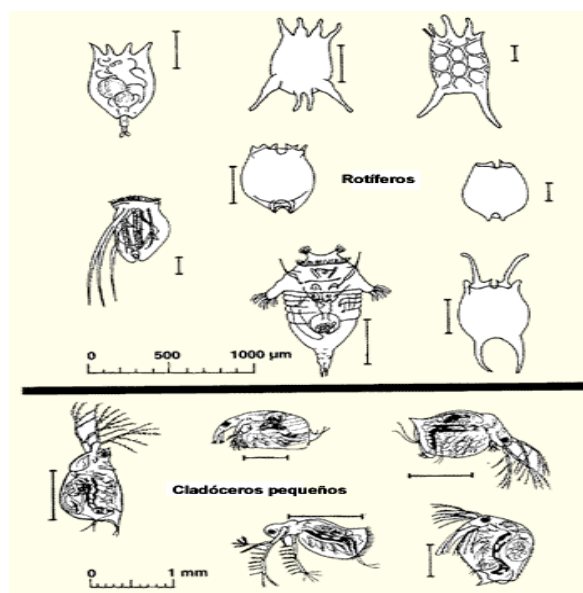


Figura 3: Alimentos naturales (Zooplancton)

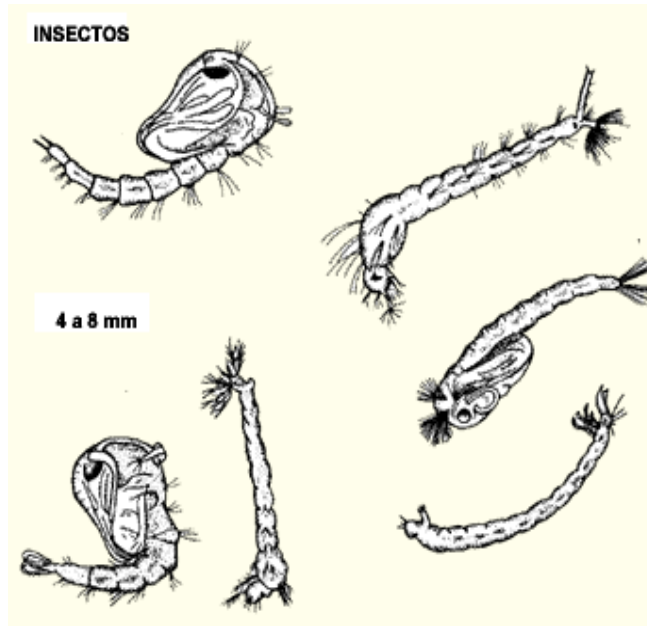


Figura 4: Alimentos naturales (Insectos)

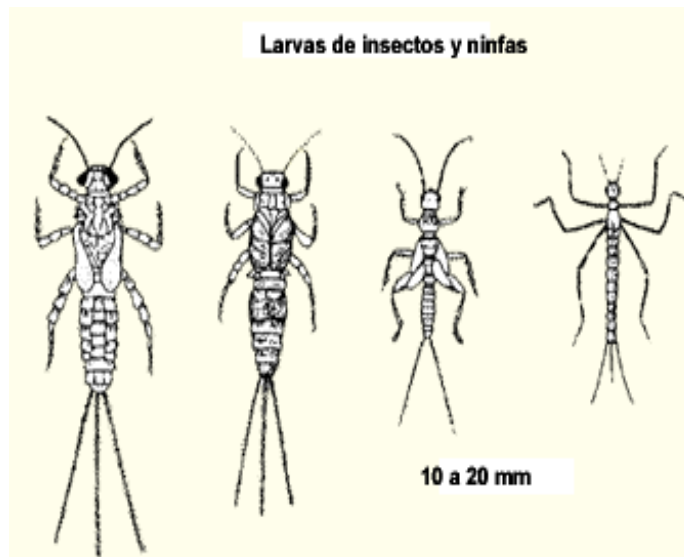


Figura 5: Alimentos naturales (Larvas de insectos y ninfas)

3.7 Alimento balanceado

El origen de los nutrientes es externo con relación al medio y participa activamente el hombre para su fabricación. Para la elaboración, en la mayoría de los casos se formula la contribución de los componentes acorde a los requerimientos nutricionales de los peces. (FAO, 2011)

Puede ser en polvo, peletizado o extrusado. El polvo es una mezcla de harinas, utilizado para alevines. El peletizado es una mezcla de ingredientes con un poco de agua hasta formar una masa, la cual pasa por una moledora de carne, de donde salen pelets en forma de gusanitos que luego deben hacerse secar. Estos deben ser seleccionados cuidadosamente para proporcionar todos los elementos nutritivos necesarios para el pez; Se debe evitar las sobras de raciones en los estanques, es importante observar que los peces coman todo lo que se les da. (Patricio, 2013)

El extrusado es la misma mezcla de ingredientes con un poco de agua hasta formar una masa, pero esta pasa por una extrusora, donde son cocidos a más de 250°C, y tienen la particularidad de flotar en el agua. Los ingredientes del alimento balanceado varían de acuerdo a la región; torta de soya, harina de sangre, afrecho de arroz y mezcla vitamínica con minerales, conocido como premix. (Lima, 2014)



Figura 6: Formas de presentación del alimento balanceado, (FAO, 2011)

3.8 Alimento complementario

Esta consiste de un solo ingrediente o de combinaciones de estos, bien sea simplemente mezclados o alternativamente molidos en una masa húmeda antes de suministrarlo. Los alimentos más comunes son subproductos agrícolas, tales como salvado de arroz, arroz quebrado, maíz y otros, aunque ocasionalmente se utilizan pastos y hojas. Los ingredientes secos normalmente se muelen antes de dispersarlos en el estanque; sin embargo, varios ingredientes crudos de origen vegetal son inadecuados para las crías o micro alevines, aunque pueden utilizarse para alevines, juveniles y peces más grandes. (FAO & agricultura, 2019)

3.9 Alimento suplementario

Los alimentos suplementarios compensan las deficiencias de nutrientes de los alimentos naturales en los estanques fertilizados y son el método de alimentación más común en los sistemas de cultivo semi-intensivos. Tacón (1998) y De Silva (1995) hicieron una revisión completa de las prácticas de alimentación suplementaria y de diversos alimentos suplementarios. El uso de alimentos suplementarios genera aumentos significativos en la productividad de peces, en comparación con los estanques que únicamente son fertilizados. (FAO O. d., 2019)

Los alimentos suplementarios normalmente consisten de subproductos vegetales o animales de bajo costo. Estos pueden ser suministrados solos, frescos o no procesados o en combinaciones con otros materiales alimenticios, en la forma de mezclas o manufacturados. (Santamaria, 2014)

3.10 Frutas y productos ecológicos

El Pacú en su ámbito natural se alimenta de frutas y semillas del monte, por tanto, se lo puede alimentar con frutas como guayaba, plátano, papaya, manga, chonta, granos secos y/o húmedos y frutos de palmeras; pero también se les puede dar soya hervida, maíz hervido, yuca picada y otros productos agrícolas. (Cepac, 2013)

3.11 Germinación y emergencia de una semilla

La germinación de una semilla queda completa cuando esta ha germinado y la plántula ha quedado establecida. Es la reanudación del crecimiento del embrión y termina al aparecer la radícula al exterior de la cubierta seminal, el establecimiento ha recibido varias definiciones, pero aquí entendemos por tal el periodo que empieza al final de la germinación y termina cuando la plántula se independiza del alimento acumulado en la semilla. Carl (1980), citado en (Gironda, 2015)

Se define a la germinación de una semilla como: “la emergencia y el desarrollo a partir del embrión, de todas aquellas estructuras esenciales, siendo indicativas de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables”. Gómez (1972), citado en (Gironda, 2015)

Es proceso de reanudación del crecimiento embrionario de la semilla después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla ha sido transportada a un medio favorable por algunos de los agentes de dispersión. Las condiciones determinantes del medio son: aporte suficiente de agua, oxígeno y temperatura apropiada. Durante la germinación el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. Así mismo, el oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento. (Tarazona, 2010)

La proteína va incrementando a medida que se desarrolla la plántula, debido a que una vez formada las hojas estas inician el proceso de la fotosíntesis a través de la luz, oxígeno, CO₂, el nitrógeno y la clorofila, los que en conjunto van a transformar sustancias inorgánicas en orgánicas útiles para el desarrollo de la plántula la misma que a temprana edad tienen un alto contenido celular es decir proteína, azúcares y carotenos, poseen relativamente un bajo contenido de fibra, notándose en las plántulas que son bastante suculentas por la gran cantidad de agua acumulada (Rodríguez, 2003) citado por (Tarazona, 2010) ..



Figura 7: Desarrollo de un Embrión

3.12 Composición nutricional del Germinado de grano de Maíz

El maíz (*Zea mays*), es una planta herbácea de la familia *Poaceae* o Gramíneas. La planta es de porte robusto, de fácil desarrollo y de producción anual. El tallo es simple, erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 3,5 m de altura, robustos y sin ramificaciones, de inflorescencia monoica (masculina y femenina) separada dentro de la misma planta, hojas largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias, abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. (Col., 2013)

El maíz es un alimento energético que se utiliza con mayor fuerza en la alimentación de los animales como parte de los alimentos balanceados, ya que aporta con 72 Kcal por mazorca de 125 g.

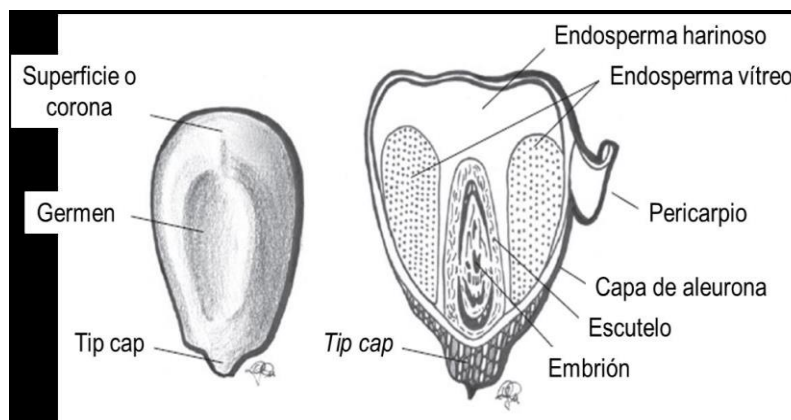


Figura 8: Estructura anatómica del grano del maíz, *Arendt y Emanuele (2013)*.

La composición Nutricional del Germinado de grano de maíz se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 4: Composición nutricional del germinado de maíz.

DESCRIPCION	Por 200 g de Germinado de Maíz
Proteína cruda (%)	11,75
Fibra cruda (%)	5,90
Ceniza (%)	2,22
Energia (kcal/kg)	4,64
Calcio (%)	0,032
Potasio (%)	0,25
Fosforo (5)	0,037

Fuente: Tarazona (2018).

3.13 Composición nutricional del Germinado de grano de Chicharrilla

La chicharrilla o gandul (*Cajanus cajan*), conocido según la FAO como Guandú, frijol de palo, es una leguminosa multipropósito de alto valor nutritivo, cultivada en países de Asia, África, Islas del caribe y sur América [6]. Se siembra de manera intensiva y en forma asociada con otros cultivos en pequeñas superficies. Son una rica fuente de proteínas, almidones, fibra y Fito nutrientes. Pueden usarse las semillas enteras, descortezadas o en harina, también como forraje y abono verde, su potencial se debe a que es un cultivo económico y de alto valor proteico. (Navarro, Restrepo, & Perez, 2014)

Esta planta es una leguminosa que aporta con elevado valor de proteína (19,5 % PC) y también es una excelente planta para poder recuperar los suelos desgastados con la agricultura, la semilla es la que se usa y puede remplazar a la soya.



Figura 9: Cosecha de Chicharrilla

La composición Nutricional de la Chicharrilla se presenta en el siguiente Cuadro:

Cuadro 5: Composición nutricional de la Chicharrilla

DESCRIPCION	CONTENIDO EN 100 g
Proteínas (g)	19,7
Grasas (g)	3,34
Carbohidratos (g)	72,2
Calcio (mg)	186,9
Potasio (mg)	956,6

Fuente: Torrez (2014)

3.14 Composición nutricional del Plátano

El plátano es una fruta que se consume bastante. En Bolivia se cultiva en la zona oriental, en chapare de Cochabamba, en Alto Beni, en los Yungas y Caranavi de La Paz, con una producción anual bastante alta. Esta fruta tiene un alto valor nutritivo, cuenta con gran cantidad de hidratos de carbono dotando de energía a nuestro organismo por su rápida digestión, y una alta riqueza de potasio, además de contener magnesio, ácido fólico, la vitamina C combinada con su riqueza en fósforo, también

contiene sustancias de acción astringente por la cantidad de taninos, sin despreciar su elevado aporte de fibra.

La composición Nutricional del Plátano se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 6: Composición nutricional de la pulpa de Plátano

POR CADA 100 g DE PULPA DE PLATANO		
COMPONENTES	UNIDADES	VALORES
Agua	(%)	70
Carbohidratos	(%)	27
Proteínas	(%)	1,2
Fibra	(%)	0,5
Grasa	(%)	0,3
Cenizas	(%)	0,9
Calcio (mg)	p.p.m.	80
Fosforo (mg)	p.p.m.	290
Hierro (mg)	p.p.m.	6
Potasio	p.p.m.	1920
Tiamina (Vitamina B1)	p.p.m.	0,5
Piridoxina (Vitamina B6)	p.p.m.	3,2
Niacina	p.p.m.	7
Ácido ascórbico vitamina C	p.p.m.	120

Fuente: Simmonds (2010)

3.15 Tasa de alimentación

La tasa de alimentación es la cantidad teórica de alimento mínima bajo la mayoría de condiciones, y que deben ser los piscicultores los que adapten el nivel de alimentación a las propias condiciones locales de la instalación. La cantidad de alimento se puede calcular de forma diaria, semanal o mensual utilizando hojas de cálculo. Cho & Bureau (1998), citado por (Dr Jover, 2000),

Cuadro 7: Tasa de alimentación para peces según su peso

PESOS PROMEDIO (g)	TASA (%)
Hasta 5	15.0
06 a 10	10.0
10 a 50	7.0
50 a 100	5.0
100 a 200	4.0
220 a 300	3.0
300 a 400	2.5
400 a 500	2.0
500 a 600	1.5
600 a 700	1.2
700 a 800	1.0

Fuente: Cepac (2013)

3.16 Raciones diarias

Cuando los peces se encuentran en fase de alevines se los debe alimentar 2, 3, y hasta 4 veces al día, y cuando están en fase de crecimiento y engorde se los debe alimentar de 2 veces al día. (Cepac, 2013)

El suministro para alevines y juveniles se realiza *ad libitum* (lo que pueda comer el pez), pero ya desde la fase de crecimiento es bueno espaciar el suministro cada cinco horas (07:00 – 12:00 – 17:00) y en la fase final, dos veces al día, cada ocho horas. Esto por la tasa de evacuación estomacal. Asimismo, en un cultivo intensivo se debe suspender totalmente la alimentación por un día (generalmente los domingos), así el animal limpia el tracto digestivo y el mismo descansa.

Por ejemplo, para 2000 peces de 60 g promedio: Si la cantidad de alimento diario es 6 kg, y se les dará 2 raciones diarias, entonces se debe dividir los 6 kg entre dos raciones, 3 kg en la mañana y 3 kg en la tarde, cálculo realizado mediante la siguiente Fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{Peso promedio} * \text{Numero de peces}$$

$$\text{Alimento dia} = \text{Biomasa} * \text{Tasa}$$

Fuente: Cepac (2013)

3.17 Calidad de agua

El agua puede suministrarse a través de las precipitaciones o napas subterráneas de distintas profundidades, siendo importantes el caudal disponible y la fertilización de la misma antes de la siembra. Es aconsejable que el llenado del estanque no supere los 6 días considerando las pérdidas que se producen por filtración y evaporación. Para la cría de pacú se debe tener en cuenta la renovación parcial de agua. Además, las propiedades físico-químicas del agua son de suma importancia. (Pacic & INTA, 2010)

Para un buen desarrollo de los peces y obtener una buena producción se tiene que tener un control del medio ambiente (el agua de los estanques).

Los parámetros físicos y químicos fundamentales en el control del agua que a continuación se describe uno por uno. (Pacic & INTA, 2010).

Cuadro 8: Parámetros físicos y químicos del agua

FISICOS	QUIMICOS
Temperatura	pH
Color	Alcalinidad
transparencia	Oxígeno disuelto

Fuente: Pacic & INTA (2010).

3.17.1 Físicos

➤ **Temperatura:**

Es uno de los factores más importantes de los fenómenos biológicos existentes en un estanque. Todas las actividades fisiológicas de los peces (respiración, digestión, excreción, alimentación, movimientos) están íntimamente ligadas a la temperatura del

agua. Cuanto más alta es la temperatura, mayor es la actividad de los peces, mayor consumo de oxígeno. Es por ello que se debe controlar este parámetro, por su importancia, en forma permanente con un registro por la mañana y por la tarde.

La temperatura óptima esta entre 22 y 28 °C, menor de 15 °C los peces pierden el apetito.

➤ **Color:**

Cuando el agua presenta una coloración verdosa es la más indicada para la cría de peces, esto demuestra que contiene los elementos básicos para el mantenimiento de la vida acuática. El color verde azulado nos está indicando también una buena producción de fitoplancton. Las aguas cristalinas transparentes nos indican una baja productividad y deben ser corregidas a través de abonos.

➤ **Turbidez:**

Las aguas turbias no son indicadas para la piscicultura, no permite la penetración de la radiación solar y por lo tanto se detiene el crecimiento de organismos vegetales y animales. Se consideran aguas turbias las aguas que tienen una coloración de barro.

➤ **Transparencia:**

Hay que distinguir las aguas turbias de las aguas transparentes. Las aguas transparentes que permiten el pasaje de radiación solar se tornan de coloración verde por la fuente de energía solar que es esencial para las plantas clorofiladas que producen oxígeno a través de la fotosíntesis. Por esta razón la transparencia del agua es un factor de enorme importancia para la piscicultura. La transparencia que nos interesa medir está relacionada directamente con la existencia de pequeños animales y vegetales llamados plancton.

3.17.2 Químicos

➤ pH:

Muy tolerante a las aguas alcalinas.

En el agua se encuentran disueltas diversas sustancias. La interacción entre estas sustancias a través de fenómenos biológicos, físicos y químicos, tornan el agua neutra, ácida o alcalina. Este control es importante para una buena producción. Los estanques que presentan problemas de acidez o elevada alcalinidad exigen un control cuidadoso del pH para garantizar un buen desarrollo de los peces. Los valores de 7,0 y 8,0 son considerados óptimos para la piscicultura.

➤ Oxígeno disuelto:

El oxígeno es utilizado por los peces para que la energía contenida en los alimentos pueda ser liberada y ser aprovechada para las funciones vitales. Existen animales que cuando disminuye el oxígeno en el medio, este último es compensado a través del ritmo respiratorio, compensando así la falta del mismo. Los peces no logran compensar con el ritmo respiratorio la falta de oxígeno en cuanto más baja es la temperatura del agua, mayor es la retención del oxígeno.

El pacú necesita para lograr un buen crecimiento de más de cuatro mg. de oxígeno por litro de agua. La incorporación de oxígeno al agua puede ser a través de la atmósfera o la fotosíntesis. A través de la atmósfera es moviendo el agua en forma permanente por el viento, manual o mecánicamente.

La fotosíntesis es una fuente importante de incorporación de oxígeno, como se sabe, las plantas utilizan el gas carbónico del aire, el agua del suelo y la energía de la radiación solar que producen sustancias orgánicas. En este proceso hay desprendimiento de oxígeno. Este fenómeno se denomina fotosíntesis. En las plantas acuáticas sumergidas, el oxígeno desprendido es disuelto en el agua.

Cuando el color del agua se torna verdoso, millares de plantas microscópicas se encuentran en suspensión y elaboran grandes cantidades de oxígeno. En estas

circunstancias (agua verde) cuando el número de peces es demasiado denso puede ocurrir que durante el día las plantas fabriquen grandes cantidades de oxígeno proveyendo a todos los ejemplares, pero durante la noche como las plantas acuáticas no producen oxígeno, lo consumen los peces.

Si los peces están en las primeras horas del día en la superficie existe deficiencia de oxígeno, en estas circunstancias hay que oxigenar el agua a través de movimientos. Zona letal de 0 a 3 mg. (pacú) zona óptima de 4 a más mg. por litro de agua.

➤ **Fotosíntesis:**

Las plantas utilizan el gas carbónico del aire, el agua del suelo y la energía de la luz solar para producir sustancias orgánicas. Este proceso es llamado fotosíntesis, el oxígeno desprendido es disuelto en el agua. Así el oxígeno liberado durante el día será más cuanto mayor sea la cantidad de plantas cuyas hojas y tallos crecen dentro del agua. Las plantas que crecen en la superficie y tienen las hojas fuera del agua no están contempladas en este grupo.

Cuadro 9: Valores normales para la cría de Pacú

CARACTERISTICAS	VALOR		UNIDAD DE MEDICION
Temperatura	24	32	°C
Oxígeno disuelto	4	10	ppm
Alcalinidad	50	300	ppm
Dureza	50	350	ppm
Ph	7	9	-
Amonio total	0	1	ppm
Amonio no ionizado	0	0,1	ppm
Nitrito	0	0,05	ppm
Dióxido de carbono	0	20	ppm

Fuente: Soorgelos (2010).

3.18 Factores que afectan la digestión de los nutrientes en las diferentes especies

Los factores que afectan a la digestión de los peces son:

- Tamaño de la partícula: a mayor tamaño menor digestibilidad.
- Temperatura del agua: a mayor temperatura mayor digestibilidad.
- Composición completa del alimento: balance nutricional, cantidad de alimento diario a suministrar: excesos de alimento se traducen en baja digestibilidad.
- Medio ambiente: en condiciones ambientales no propicias, como bajas drásticas de oxígeno, la digestibilidad es menos. (Patricio, 2013).

3.19 Sanidad del Pacú

El desarrollo y la intensificación de la piscicultura requieren de medidas sanitarias para evitar el surgimiento de enfermedades que pongan en riesgo al pez.

3.19.1 Prevención

La producción de peces, al igual que otras zootecias, es susceptible de problemas de índole patológico, que ponen en riesgo una gran cantidad de animales en corto tiempo. Las enfermedades se diseminan en forma tan vertiginosa que en la mayoría de los casos resultan imposibles de contener y muy costosas de tratar, principalmente aquellas patologías virales y bacterianas. La prevención es el conjunto de mecanismos y acciones orientadas a evitar el brote de enfermedades en los centros piscícolas. Aunque muy pocas vacunas se han desarrollado, y solamente se utilizan en las producciones de alto valor económico, existen varias formas para prevenir la entrada de enfermedades a un estanque. (FAO, Manual básico de piscicultura para Paraguay, 2011), así mismo menciona algunas recomendaciones generales para evitar las enfermedades.

- Realizar inspecciones visuales regulares (mediante biometrías), detectando comportamiento anormal o cualquier otro signo que pueda significar una enfermedad.

- Vaciar y desinfectar los estanques después de cada cosecha
- Lavar y desinfectar los materiales después de cada uso, empleando cloro al 2%.
- Emplear la densidad de siembra adecuada y evitar estrés térmico o de manoseo excesivo.
- En caso de sospecha de enfermedades remitir muestra de agua y pez sospechoso a laboratorio especializado.
- Mantener los estanques con la calidad de agua adecuada.
- Mantener a los organismos correctamente alimentados.
- En lo posible asistir a cursos de capacitación ofrecidos en entidades educativas con experiencia en el tema.

3.19.2 Principales síntomas que ayudan a la detención de enfermedades

Los principales síntomas para la detección de enfermedades se mencionan a continuación.

- Pérdida de apetito.
- Distribución de los peces en los viveros.
- Peces localizados en la superficie del agua con movimientos de apertura y cierre de la boca.
- Peces nadando en círculos o con el cuerpo en posición lateral.
- Peces apoyados sobre los taludes del vivero.
- Peces agitados, apáticos, sin reflejos. (Pacic & INTA, 2010)

3.19.3 Enfermedades más comunes

Las enfermedades bacterianas son más comunes en invierno, y las parasitarias sin patrones específicos durante el año. En líneas generales, los factores que determinan la aparición de enfermedades son: La presencia del agente causal, ambiente acuático propicio y susceptibilidad de la especie. (FAO, Manual básico de piscicultura para Paraguay, 2011), también indica que los casos patológicos se agrupan en:

Enfermedades parasitarias.

- Protozoarios
- Helmintos

Enfermedades bacterianas.

- *Aeromonas hydrophila*
- *Edwardsiella tarda*
- *Flavobacterium columnaris*

Enfermedades Micóticas (Producidas por hongos).

- *Saprolegnia* Sp
- *Branchiomyces* Sp

Enfermedades Virales (Producidas por virus).

- Necrosis Pancreatica infesiosa
- Viremia primavera



Figura 10: Enfermedad producidas por hongos, (FAO, 2011)



Figura 11: Enfermedad producida por virus, (FAO, 2011)



Figura 12: Lesiones patológicas, (FAO, 2011)

3.19.4 Factores que facilitan la aparición de enfermedades

Existen tres factores que facilitan la aparición de enfermedades y estas son: AMBIENTAL, NUTRICION y ESTRÉS. Las mismas se desglosan a continuación. (Pacic & INTA, 2010)

3.19.4.1 Factores ambientales

Los factores ambientales están relacionados con el medio acuático donde son cultivados los peces. El medio acuático tiene parámetros esenciales para el crecimiento y reproducción de las distintas especies. Si estos parámetros se alteran, se pueden generar condiciones para la aparición de enfermedades.

Los principales factores ambientales son: Físicos, Químicos, Biológicos.

3.19.4.1.1 Factores Físicos

Temperatura: Cada especie necesita de una temperatura ideal para su crecimiento y reproducción. Si los límites ideales para cada especie fueran alterados, esto puede provocar la aparición de enfermedades.

Visibilidad o transparencia: Está relacionada con la producción de plancton. La falta de plancton que es el principal alimento natural puede predisponer a los peces a enfermedades.

3.19.4.1.2 Factores Químicos

Oxígeno: La falta de oxígeno en el agua puede llevar a los peces a un estado de estrés que predispone a la aparición de enfermedades. Normalmente, la falta de oxígeno ocurre en estanques súper abonados o en exceso de peces.

pH: Es importante porque los peces tienen límites de tolerancia para el pH, conforme a la especie. El pH ideal es el neutro o sea entre 7 y 8. Un pH fuera de la franja de neutralidad, principalmente medio acidificado, dificulta la formación de plancton que es

el alimento natural de los peces. La falta de alimentos llevara a los peces a un estrés, lo que posibilitara el surtimiento de enfermedades.

Compuestos nitrogenados: Son parte de estos compuestos el amoniaco, nitratos, nitritos y urea. El exceso de estos compuestos puede causar estrés a los peces predisponiendo a los ejemplares a adquirir una enfermedad, así como causar intoxicaciones que pueden llevar a la muerte de los peces.

Minerales: La cantidad de minerales en el agua está relacionada con el tipo de suelo en que se construyeron los estanques y el tipo de agua que se incorpora al mismo. Los principales minerales que causan problemas de intoxicación son el hierro, zinc, cobre y mercurio.

Estos además de causar problemas de intoxicación en los peces pueden acumularse en la carne produciendo toxicidad en el ser humano.

Agroquímicos: Los agroquímicos usados para combatir las plagas en agricultura es otra fuente de intoxicación de la piscicultura, estos pueden ser insecticidas, herbicidas o fungicidas. Pueden destruir el plancton, que es el alimento de los peces, como también causar la muerte de los peces.

3.19.4.1.3 Factores Biológicos

Están representados por microorganismos en animales acuáticos. Los principales animales acuáticos son las cobras, ranas, que además de ser predadoras de los peces pueden transmitir enfermedades. Las aves acuáticas, como las garzas, martin pescador, bigua pueden provocar lesiones a los peces donde se generan distintos tipos de hongos.

3.19.4.2 Factores nutricionales

Los peces que no tienen una buena alimentación, tanto natural como artificial, viven estresados, propensos a adquirir enfermedades. En los estanques con alimentación artificial (raciones) es importante que la misma sea balanceada con vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales, de acuerdo con las exigencias de la especie.

3.19.4.3 Factores estresantes

Entre los principales factores estresantes causantes de enfermedades en piscicultura se destaca: Altas tasas de densidad, transportar peces de un estanque a otro sin acondicionarlos previamente, distribuir los peces sobre el suelo para luego volverlos al estanque, métodos de captura no recomendados y la selección de alevinos a altas temperaturas.

4. LOCALIZACION

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los módulos piscícolas de la Estación Experimental de Sapecho. En el municipio de Palos Blancos cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 239 Km de distancia de la ciudad de La Paz, para su acceso desde la sede de gobierno se recorre un primer tramo hasta llegar a Sapecho (Ruta 3 de la Red Fundamental: La Paz – Trinidad), para continuar hacia el desvío que se dirige a la localidad de Covendo y que pasa por la capital del municipio la ciudad de Palos Blancos ubicado a 10 Km de Sapecho (Chipana G, 2015). Citado por (Arismendi, 2017)

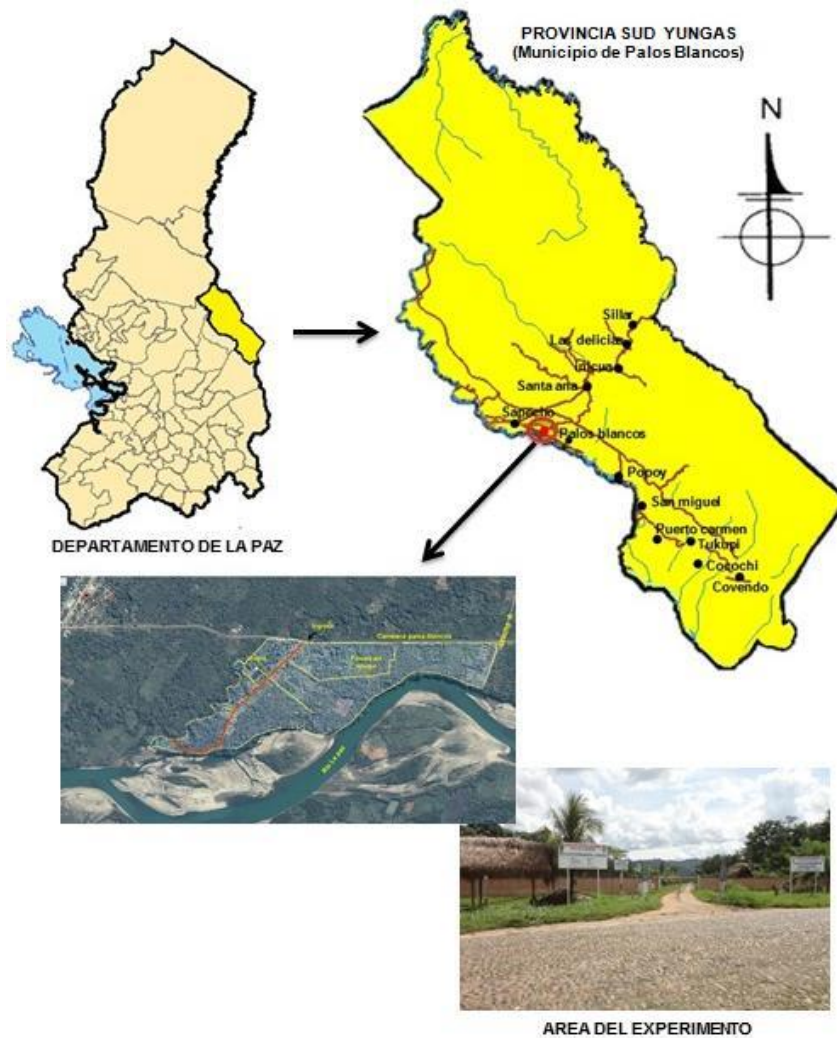


Figura 13: Ubicación geográfica (Arismendi, 2017)



Figura 14: Estanques piscícolas para crianza y estudio de peses (EES)

4.1 Características edafoclimaticas

De acuerdo a datos meteorológicos pertenecientes a la Estación Experimental de Sapecho, se tiene registros para el área una temperatura promedio del ambiente de 26°C, con precipitaciones pluviales promedio son de 1800 mm y con respecto a la humedad relativa es de 80% (EES, 2012). Citado por (Arismendi, 2017)

Unodc (2010), citado por (Arismendi, 2017), menciona que los suelos son moderadamente profundos a profundos. Los horizontes son de color pardo fuerte, pardo rojizo y rojo amarillento.

También menciona que los suelos están formados por horizontes A, B y C moderadamente desarrollados. La textura varía de moderadamente gruesa (franco arenoso), moderadamente fina (franco arcilloso) y fina (arcilloso). La estructura varía de bloques sin ángulos rectos a formas de migas, su adherencia varía de no adherente a adherente y su plasticidad varía de no plástico a plástico en mojado.

4.2 Principales cuencas en el área

Los cuatro párrafos que a continuación se detallan corresponden a (PDM, 2012). Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Palos Blancos

a) Cuenca del río cotacajes, esta cuenca se origina en el departamento de Cochabamba con aporte de los afluentes; Colorado y Santa Elena en la provincia Ayopaya, los ríos Covendo, Hijini, Cocochi y varios arroyos. El Cotacajes ingresa al departamento de La Paz por el sector de Cogotay (Distrito Covendo) el trayecto que transcurre hasta unirse con el Boopi es de aproximadamente 44 Km

b) Cuenca del río boopi, el principal afluente es el río La Paz que desciende por las provincias Murillo colinda entre las provincias Loayza, Sud Yungas e Inquisivi pasando los municipios de Irupana y La Asunta sector en el cual se lo denomina el Boopi hasta unirse con el Cotacajes, en el cual sirve de límite natural con la provincia Caranavi. La distancia de recorrida dentro el territorio de la cuarta sección es de 10,7 Km.

c) Cuenca del río Alto Beni, la unión de las dos cuencas anteriores se denominado río Alto Beni, mismo que cuenta con el aporte de varios arroyos del municipio y principalmente el río Inicua en el sector de Inicua Bajo, el trayecto de recorrido en el límite municipal es cerca de 88 Km, hasta ingresar al departamento del Beni.

d) Cuenca del río inicua, nace en la parte posterior a Covendo en el trayecto es alimentado por diferentes arroyos que descienden de las alturas de ambos frentes en el Área V. La distancia aproximada que recorre hasta la unión con la cuenca del Alto Beni es de 105,5 Km aproximadamente.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material genético

El estudio se llevó adelante en predios de la Estación Experimental de Sapecho, donde se contabilizó 2000 alevines de la especie de Pacú (*Colossoma macropomum*) que fueron adquiridos del Centro piscícola de San Ignacio de Mohos (Beni), se eligió esta especie por presentar bastante habilidad en la adaptación en la zona, de las cuales se seleccionaron 620 peces para la investigación que se llevó a cabo en el estanque N° 3.

Se utilizaron especies de la región en forma suplementaria (Plátano picado seco, germen de maíz y germen de chicharrilla o gandul) como insumos locales del lugar.

- a) **Plátano**, secado al aire libre bajo el sol.
- b) **Germen de Maíz** con un tamaño de 3 a 5 cm.
- c) **Germen de Chicharrilla o Gandul** con un tamaño de 3 a 5 cm.



Figura 15: Selección de peces Pacú con un peso promedio de 36.5 gramos.



Figura 16: Peces Pacú seleccionados como objetos de estudio (Material biológico).

5.1.2 Equipos

Balanza analítica digital, pH-metro, termómetro.

5.1.3 Material de campo

- Estanque
- Motobomba
- Alambre galvanizado
- Malla saram
- Fieros de ½ pulgada
- Tubería pvc 2 pulgadas
- Ictiometro
- Disco de secchi
- Red de arrastre de 25 metros de largo y 8 metros de ancho.
- 2 Tachos de 50 litros
- 2 Paneros
- Secadoras
- Palas
- Picota
- Machete
- Cámara fotográfica

5.1.4 Materiales de escritorio

- Planillas de registro, Computadora, Impresora

5.2 Metodología

5.2.1 Procedimiento experimental

5.2.1.1 Acondicionado del estanque

El acondicionamiento del estanque de la Estación Experimental de Sapecho se llevó a cabo realizando diferentes actividades como ser:

Para el acondicionamiento de los estanques en la EES se realizaron las Siguietes actividades:

- **Desmalezado**

El desmalezado se la realizó en forma manual utilizando machetes, eliminando la maleza en los taludes y el área circundante al estanque, el desmalezado se realizó por todo el transcurso del estudio, cada dos semanas en promedio dependiendo mucho de la época y el estado climatológico en cuanto a temperatura y humedad.

La importancia del desmalezado en los taludes es de mucha importancia ya que si no se realiza esta acción los pastos podrían cubrir los caminos, y podrían llegar a ser perjudiciales para la manipulación en la biometría, la alimentación y el trajín del personal y de las delegaciones, además de mostrar mala visualización y estética en los alrededores de los estanques.



Figura 17: Deshierbe del estanque y los taludes

➤ **Limpieza de sedimentos en el estanque:**

La limpieza de los sedimentos del estanque piscícola se lo realizó con la ayuda de un tractor agrícola y también machete, pala, picota, azadón y carretilla que se utilizaron de forma manual eliminando el lodo, materia orgánica en descomposición y pastos presentes en el talud, además se aprovechó la refacción de las cárcavas presentes en la parte del talud del estanque.



Figura 18: Presencia de lodo y materia orgánica en descomposición



Figura 19: Eliminación de lodo y materia orgánica en descomposición con la ayuda de un tractor agrícola.

➤ **Encalado del estanque:**

El encalado se lo realizo en forma manual dispersando la cal agrícola al boleto en el talud y fondo del estanque, esto con la finalidad de corregir el pH, desinfectar el suelo de parásitos, hongos y bacterias.

Se recomienda utilizar 50 a 100 g de cal por m² de la superficie, encalar en terreno seco y dejar reposar 12 días para que la cal haga el efecto (Cepac, 2013). Según a lo recomendado se utilizó 100 g por m² con un total de 70 kg para todo el estanque.



Figura 20: Encalado del estanque

➤ **Separación en 4 tratamientos por partes iguales:**

Para la separación por tratamientos en partes iguales se dispuso de alambres galvanizados, mallas saram y fierros de ½ pulgada. El estanque utilizado para el trabajo de investigación presentaba 20 metros de ancho y 35 metros de largo, con un total de 700 m², tomando en cuenta que el espejo de agua no sería el mismo tamaño solo se dispuso 19 metros de ancho y 32 metros de largo en m³ de agua, se dividió el estanque en 4 partes iguales para los cuatro tratamientos.



Figura 21: Medición del estanque para realizar las separaciones



Figura 22: Tesado de alambre galvanizado para las separaciones



Figura 23: Separación del estanque con malla saram en 4 tratamientos iguales.

➤ **Bombeo de Agua:**

El bombeo de agua se la realizó instalando las tuberías pvc de 2 pulgadas a riberas del arroyo que pasa por un extremo de la estación, colocando la motobomba (Honda de 6 Hp) en las riveras del rio Equinoe para llenar el estanque



Figura 24: Instalación de tuberías y motobomba para el bombeo de agua.

• **Fertilización orgánica**

La fertilización orgánica del estanque se la realizo utilizando las recomendaciones de CEPAC(2013), donde nos indica esparcir 10 bolsas de 25 kg de abono (animal o vegetal) para un estanque de 2000 m² de superficie., según esta recomendación se realizó un cálculo mediante regla de tres simples, obteniendo como resultado la utilización de 3.5 bolsas que contenían un total de 87.5 kg de abono (bosta de ganado)



Figura 25: Recolección y fertilización con bosta de ganado al estanque de estudio

5.2.1.2 Densidad de siembra y selección de los peces

La distribución de peces por tratamiento en el estanque estuvo de acuerdo a la densidad adecuada para garantizar el buen desarrollo y salud de las mismas. Tomando como base la recomendación realizada por (TELLO, 2017) que sugiere utilizar la relación de una densidad de 1 pez por m². Se utilizó 150 por división con un total de 600 peces Pacú (*Colossoma macropomum*), en su fase alevín con un promedio de 12,1 cm de longitud y 36,34 g de peso.

5.2.1.3 Acopio y selección de los insumos

Con el objetivo de aprovechar algunas potencialidades agrícolas que presenta la Estación experimental de Sapecho (plátano, banano, maíz, chicharrilla y otros). Se realizó la suplementación utilizando los siguientes insumos: Plátano, Maíz y Chicharrilla.

Se realizó el acopio de estos insumos en las parcelas de los predios, los cuales fueron trasladados a un ambiente donde fueron procesados.



Figura 26: Acopio de insumos locales

5.2.1.4 Procesamiento del alimento suplementario

5.2.1.4.1 Procesamiento del plátano picado seco

Para el procesamiento del alimento suplementario (**Plátano picado seco**) se realizó las siguientes actividades:

- **Pelado:**

El pelado se realizó de forma manual con la ayuda de un cuchillo, quitando toda la cascara y se colocó la pulpa en un recipiente para su posterior picado.



Figura 27: Pelado manual del plátano

- **Picado:**

El picado también se realizó de forma manual con la ayuda de un cuchillo, dejando así un tamaño de 0,5 por 0,5 cm para su iniciación y se le fue subiendo de tamaño según el tiempo transcurrido y el tamaño del pez, en cada biometría realizada.



Figura 28: Picado manual del plátano

- **Secado:** El secado se realizó bajo una carpa (rayos del sol directo hacia la carpa sin intervención de sombra de árboles durante la mañana), el secado duro 3 días debido a que la temperatura promedio oscila a los 26 °C y a la existente de días lluviosos, posterior a ello se recogió y almaceno junto al alimento balanceado.



Figura 29: Secado del plátano picado

Este proceso se repitió cada dos semanas debido a que no se podía almacenar más tiempo por la presencia de polillas que consumían este alimento.

5.2.1.4.2 Proceso del alimento Germen de maíz

Para el procesamiento del alimento suplementario (**Germen de Maíz**) se realizaron las siguientes actividades:

➤ **Selección de semillas**

Teniendo mucho cuidado se seleccionó la semilla de maíz cubano que es el que más se utiliza en la zona, tomando en cuenta que sean granos sanos y vigorosos.

➤ **Ruptura de dormancia (remojo de semillas)**

Una vez seleccionadas las semillas se ha realizado el remojo de las mismas con agua tibia a una temperatura de 35 °C y se lo dejó por el transcurso de 1 día completo hasta que se hidrataron.

➤ **Preparación de té humus**

Se ha realizado la mezcla de humus de lombriz con agua en una proporción de 200gr por 2 litros de agua, y se ha batido por un tiempo de media hora hasta que los grumos

se deshagan y se lo dejó que repose por un tiempo de dos días y se aplicó en las bandejas.

➤ **Germinación de semillas en el té de humus**



Figura 30: Colocado de semillas remojadas en bandejas con té de humus



Figura 31: Emergencia del cotiledón al 2 día después de colocarlo al té de humus



Figura 32: cotiledón desarrollado entre 3 a 5 cm de altura

5.2.1.4.3 Proceso del alimento Germen de chicharrilla

Para el procesamiento del alimento suplementario (**Germen de Chicharrilla**), se realizó de la siguiente manera:

➤ **Selección de semillas**

Teniendo mucho cuidado se seleccionó la semilla de maíz cubano que es el que más se utiliza en la zona, tomando en cuenta que sean granos sanos y vigorosos.

➤ **Ruptura de dormancia (remojo de semillas)**

Una vez seleccionadas las semillas se ha realizado el remojo de las mismas con agua tibia a una temperatura de 35 °C y se lo dejó por el transcurso de 1 día completo hasta que se hidrataron.

➤ **Preparación de té humus**

Se ha realizado la mezcla de humus de lombriz con agua en una proporción de 200gr por 2 litros de agua, y se ha batido por un tiempo de media hora hasta que los grumos se deshagan y se lo dejó que repose por un tiempo de dos días y se aplicó en las bandejas.

➤ **Germinación de semillas en el té de humus**



Figura 33: Colocado de semillas remojadas en bandejas con té de humus

5.2.1.5 Cálculo de ración de alimento diario

Para el cálculo de la ración diaria de los diferentes insumos se utilizó la siguiente fórmula, planteado por (Cepac, 2013)

$$Biomasa = \text{Peso promedio} * \text{Numero de peces}$$

$$\text{Alimento dia} = \text{Biomasa} * \text{Tasa}$$

(Cepac, 2013)

5.2.1.6 Alimentación con ración balanceada

El alimento balanceado utilizado en la investigación fue el súper **Pacú**, que se muestra en forma de pelets, la cantidad suministrada fue calculada según el peso promedio que presentan los peces de cada tratamiento, mediante la fórmula de cálculo de ración de alimento diario y las biometrías realizadas.

La composición nutricional del alimento balanceado utilizado en la investigación se presenta a continuación:

Cuadro 10: Composición nutritiva del alimento balanceado comercial Súper pacú

ITEM	PRODUCTO	PROTEINAS
F-1	Alevines	25-30 %
F-2	Crecimiento	25-30 %
F-3	Acabado	25-30 %



Figura 34: Alimento balanceado utilizado en la investigación.

5.2.1.6.1 Cálculo de la ración balanceada

Este proceso se realizó con la ayuda de la fórmula: **Cálculo de ración de alimento diario**, que se metra a continuación.

Se tomó en cuenta el porcentaje mínimo que aporta el alimento balanceado que es de un 25 % de proteína, (Soorgelos, 2010) menciona que el requerimiento de proteína en su fase alevín y juvenil del Pacú es de un 35 %. Este 10 % de proteína y entre otros minerales faltantes será suplementado con insumos del lugar

Cuadro 11: Calculo de la ración inicial en gramos

N^a Tratamientos	T1	T2	T3	T4 (testigo)
N ^a total de peces	150	150	150	150
(Bio 1) Peso promedio	36,3	36,28	36,38	36,48
Biomasa	5445	5442	5457	5472
Alimento diario	381,15	380,94	381,99	383,04
(Bio 2) Peso promedio	180,4	159,3	137,8	185,2
Biomasa	27060	23895	20670	27780
Alimento diario	1082,4	955,8	826,8	1111,2
(Bio 3) Peso promedio	303,1	292,4	222,7	275,2
Biomasa	45465	43860	33405	41280
Alimento diario	1363,95	1315,8	1002,15	1238,4
(Bio 4) Peso promedio	375,54	360,12	309,64	322,9
Biomasa	56331	54018	46446	48435
Alimento diario	1408,275	1350,45	1161,15	1210,875

5.2.1.7 Cálculo del alimento suplementario

La estimación del requerimiento nutricional del Pacú, se la calculó de acuerdo a referencias reportadas por (Soorgelos, 2010), que menciona que el Pacú requiere proteínas del 35 %. Así también como la composición nutricional de los alimentos suplementarios a suministrar, se hizo la utilización de una regla de tres simples para el cálculo de alimento suplementario diario otorgado en todo el ciclo de estudio, durante un periodo de tiempo de cinco meses (septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero) que duro la realización de la investigación.

Este suplemento diario otorgado en todo el proceso de estudio representa el 10 % en el requerimiento de proteína faltante del Pacú, ya que el alimento balanceado solo aporta un 25 % a los peces de estudio. Este cálculo se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 12: Cálculo del alimento suplementario diario expresado en gramos

	T1	T2	T3	T4 (testigo)
Porcentaje de proteína	En 200 gr de germen de maíz existe 11,75 % de proteína	En 100 gr de germen de chicharrilla existe 19,7 % de proteína	En 100 gr de plátano existe 1,2 % de proteína	100 % de alimento balanceado
Alimento suplementario diario	170,2	50,7	312,5	

5.2.1.8 Frecuencia de alimentación

La alimentación en los diferentes tratamientos propuestos en el trabajo de investigación, se les proporcionaba en las mismas cantidades el alimento balanceado, en tanto a los alimentos suplementarios iba ligado al porcentaje que contenía dicho alimento, la frecuencia de alimentación era de dos veces al día, en las Mañanas a horas 09:00 am y por las Tardes a horas 17:00 pm, recomendaciones realizadas por CEPAC (2013)

Cuadro 13: Frecuencia de alimentación

FASE	PESO PROMEDIO (g)	FRECUENCIA (Nº veces)
ALEVINAJE	0.5 a 5	4 a 6
	5 a 50	3 a 4
CRECIMIENTO	50 a 100	3 a 4
	100 a 200	3 a 4
ENGORDE	200 a 350	2 a 3
	350 a 500	2 a 3
	500 a 750	2 a 3
	750 a 1000	2 a 3

Fuente: FONDEPES, (2012).

5.2.1.9 Evaluaciones biométricas

Para la Evaluación Biométrica se toma en cuenta el peso, longitud y diámetro pecho que fueron evaluados en cuatro oportunidades, con la ayuda de una red de arrastre, una balanza digital y un lctiómetro, tomando en cuenta el 30% de la población en cada unidad experimental.

El día de la evaluación biométrica no se proporcionó alimento, debido al estrés que presentan los peces por el manipuleo.

5.2.1.10 Parámetros físicos y químicos del agua

El monitoreo de la calidad de agua en cuanto al pH, oxígeno y la temperatura del estanque, se realizaron una hora antes de cada evaluación biométrica, con la ayuda de un kit Acuícola.

Antes del muestreo biométrico se evaluó la turbidez y transparencia del con la ayuda del disco de Secchi.

5.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó una comparación de medias donde indica que se puede comparar dos o más grupos para determinar si la diferencia entre los grupos es significativa estadísticamente, mediante la utilización de la prueba “T” STUDENT donde muestra la diferencia entre la media muestra y un valor de prueba se deba al azar. Las probabilidades de 0,05 o inferiores normalmente se consideran significativas.

$$t^* = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\delta x}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

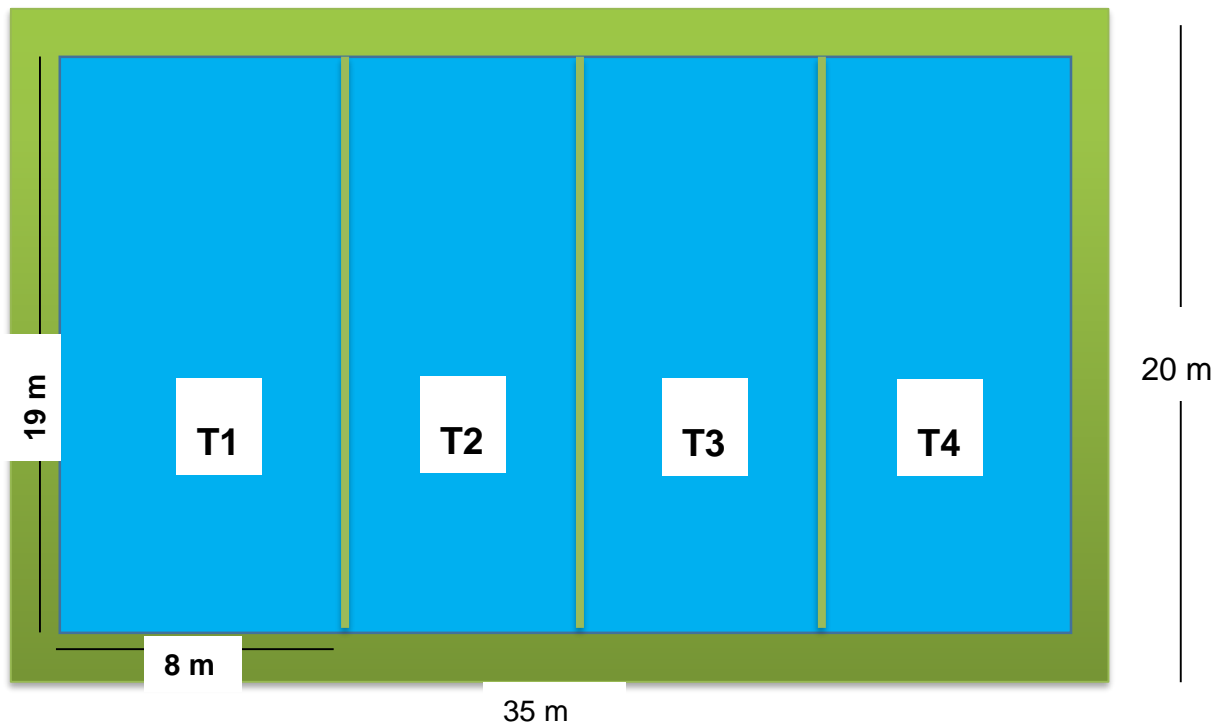
\bar{x} = Media

μ = Valor a analizar

δx = Desviación estándar

n = Tamaño de muestra

5.4 Croquis experimental



Datos:

Superficie total en tierra: 700 m² (20 x 35 m.)

Superficie total en agua: 608 m² (19 x 32 m.)

Cantidad de unidades experimentales (UE): 4 unidades

Superficie por UE: 19 m. de lago y 8 m. de ancho (152 m² en espejo de agua)

Nº de peces por UE: 155 peces Pacú

Total, de Nº de peces: 620 peces Pacú

5.5 Variables de respuesta

5.5.1 Ganancia de peso vivo

Talbott (1998) citado en (Calle, 2004), menciona que son varios los factores que condicionan la ganancia de peso, siendo el más importante la alimentación.

El aumento de peso o la ganancia de peso vivo, es el incremento propiamente dicho, y es diferencia del peso final menos el peso inicial.

$$\text{GPV} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

5.5.2 Velocidad de crecimiento (cm)

La velocidad de crecimiento es expresada como peso ganado o incremento de la longitud por unidad de tiempo. En términos prácticos las valoraciones se la realizan en periodos de tiempo que varían desde la semana al mes, aunque los resultados convenga expresarlos por intervalos diarios es decir g/día. (Castañón, 2005)

$$VC = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{tiempo}}$$

5.5.3 Análisis económico

Se realizó el análisis de costos, donde se tomaron en cuenta los costos de los insumos (con referencia al precio regional), costos de producción con la cantidad de insumos y la mano de obra utilizada para los 4 tratamientos. Con la siguiente formula:

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Ingreso Bruto} - \text{Costo Producción}$$

Fuente: Brevis (1990) citado en (Calle, 2004)

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos en la evaluación de raciones elaboradas a base de insumos locales, como alimento suplementario para la producción de pacú (*Colossoma macropomum*) en la Estación Experimental de Sapecho, de acuerdo a los objetivos planteados y las variables evaluadas, se presentan a continuación.

6.1 Evaluaciones de ganancia de peso

Para el trabajo de investigación se utilizaron peces Pacú seleccionados en su etapa juvenil con un peso promedio de 36.36 g. peso aproximado que lograron alcanzar al estar saturados durante 5 meses en un estanque.

6.1.1 Ganancia de peso vivo

En la figura 30, muestra las diferencias entre los tratamientos en cuanto a la ganancia de peso expresado en gramos.

En la Figura 30, podemos observar el peso promedio de los peces con los diferentes tratamientos, donde (T1) conformado por el alimento balanceado más la adición de Germen de maíz, (T2) conformado por alimento balanceado más las adiciones de plátano seco picado, (T3) conformado por alimento balanceado más la adición de Germen de Chicharrilla y el (T4) conformado solamente con alimento balanceado, tomado como testigo de la investigación.

Se puede observar que el T1 muestra mayor ganancia de peso durante toda la fase de investigación con 375, 54 gramos, seguido del T2 con 360,22 gramos, T4 con 322,9 gramos, el T3 presentó la menor ganancia de peso con 309, 64 gramos.

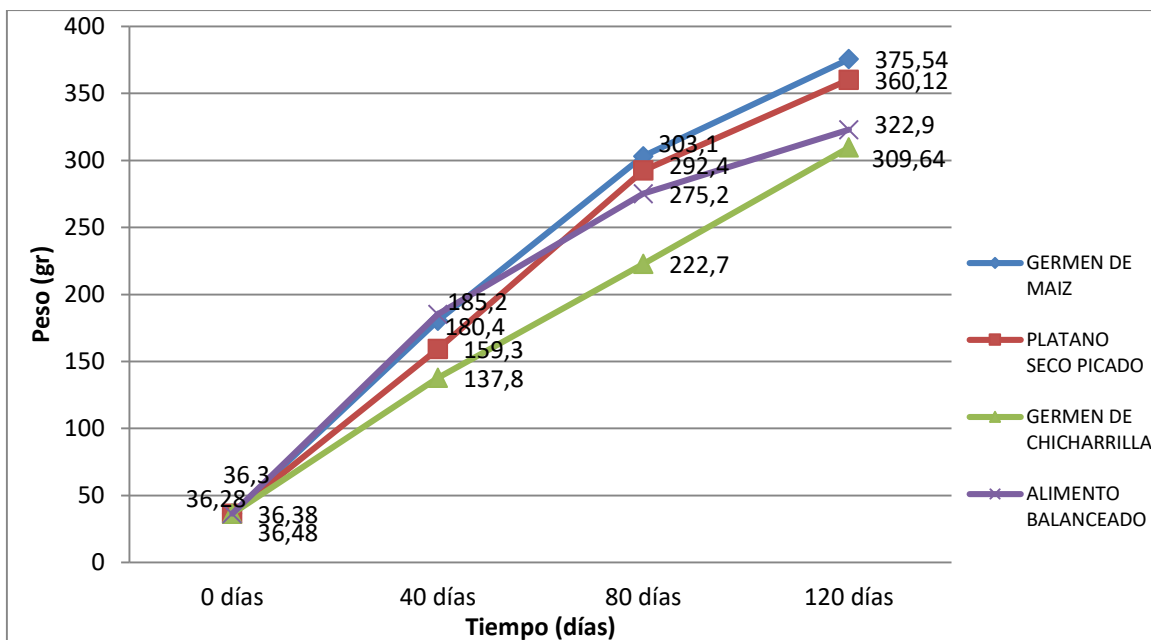


Figura 35: Comparación del peso promedio de los cuatro tratamientos evaluados

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura 36, indica que la suplementación con germinado de Maíz a la dieta balanceada del Pacú mostro mejores resultados a causa de la composición nutricional que presenta este insumo.

Suplementando con Plátano seco picado se obtuvo resultados mayores a diferencia del tratamiento testigo (alimento balanceado).

(Vásquez, *et-al*, 2013) en un análisis individual de materias primas mostró que el germinado de maíz, ingrediente con la mayor proporción de proteína (57%) y fibra (10 %) de origen vegetal, no mostró diferencias significativas comparando con una ración alimenticia de origen animal (Harina de pescado).

6.1.1.1 Prueba de “t” Student

Para verificar los diferentes efectos de los tratamientos utilizados en el trabajo de investigación, se realizó la comparación de medias mediante la prueba de “t” Student para los cuatro tratamientos, mostrando los resultados en el cuadro 12.

Cuadro 14: Prueba de comparación de medias “t” Student

Comparaciones	Estadístico T	P>t	Significancia
T1 - T2	1,64	0,10	**
T1 - T3	6,29	0,00	**
T1 -T4	6,17	0,00	**
T2 - T3	4,47	0,00	**
T2 - T4	3,91	0,00	**
T3 - T4	-1,25	0,21	NS

Se encontró que para la comparación de medias con respecto a la ganancia de peso entre los tratamientos (T1- T2), (T1-T3), (T1-T4), (T2-T3) y (T2-T4), muestran diferencias significativas, mientras que el (T3 – T4), no existen diferencias significativas, esto indica que los tratamientos tuvieron un efecto positivo en la ganancia de peso de los peces.

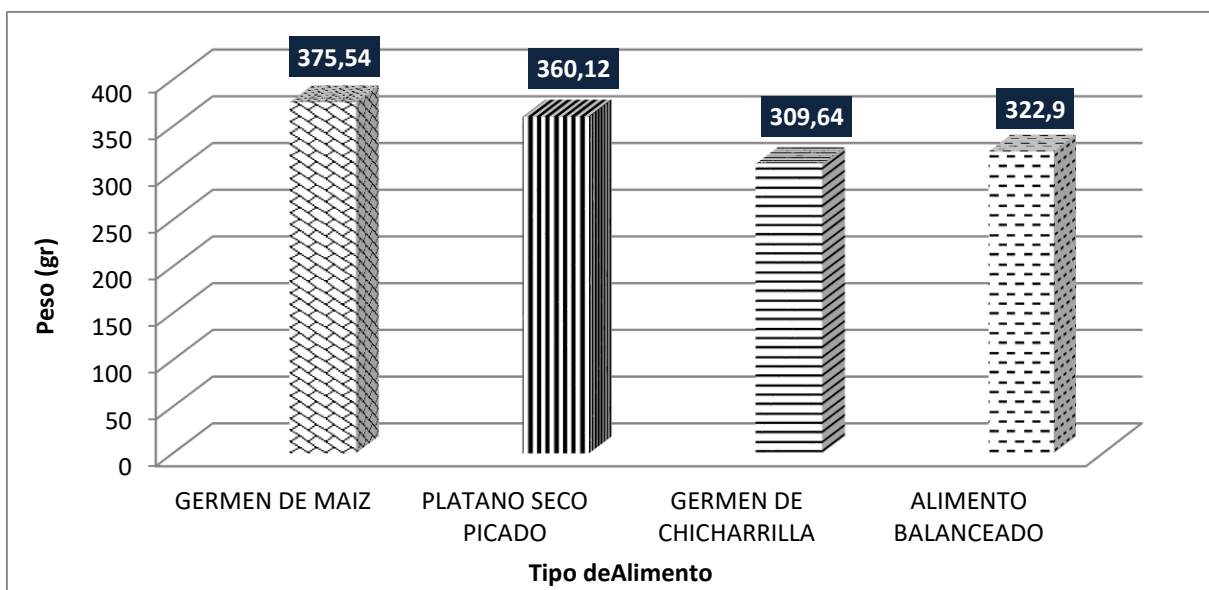


Figura 36: Efecto del tipo de alimentación en el peso

En la Figura 37, muestra que con el (T1) alimento balanceado más la adición de germen de maíz se logró obtener el mejor promedio en peso alcanzado 375,54 g. de la misma manera con el (T2) alimento balanceado más la adición de plátano seco picado se logró un promedio de 360,2 g. y en el (T3) que comprendía alimento

balanceado más la adición de germen de chicharrilla se obtuvo un bajo promedio en peso de 309,64 g, a diferencia del testigo que mostro resultados de 322,9 g de promedio alcanzado.

La eficiencia del aprovechamiento del alimento para la ganancia de peso depende de varios factores, entre los que se pueden mencionar, tamaño del pelets, la frecuencia y los horarios de alimentación; considerándose como factor principal, la composición del pelets y su compatibilidad con los requerimientos nutricionales determinados para la especie. Si la nueva dieta formulada llegara a ser deficiente para el pacú esto ocasionaría perdidas en la ganancia y crecimiento del pez y se necesitaría mayor cantidad de alimento para satisfacer sus requerimientos nutricionales. Dietan fórmula para ser comparada a otra, ya probada por (Wicki et-al, 2003).

6.1.2 Velocidad de crecimiento

La figura 32, muestra las diferencias entre los tratamientos en cuanto a la velocidad de crecimiento expresado en centímetros.

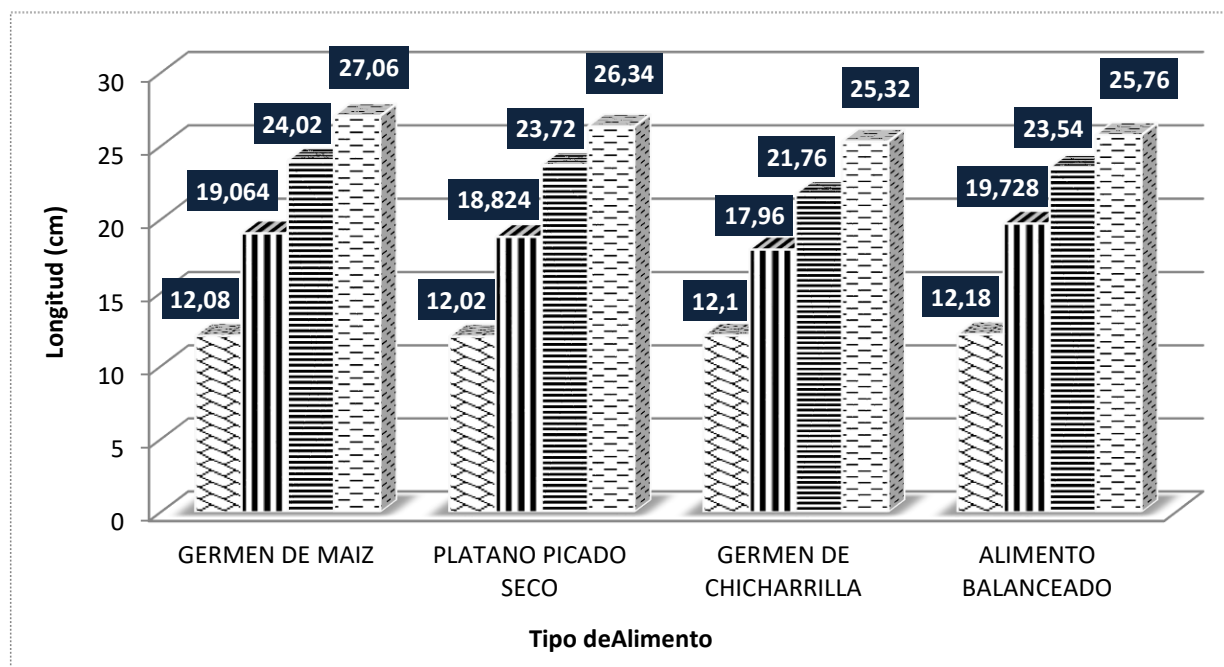


Figura 37: Comparación de la longitud de los cuatro tratamientos, los colores expresan la cantidad promedio alcanzada para la toma de datos

Se puede observar que el T4 a la primera biometría mostro mejor velocidad de crecimiento, sin embargo, en la segunda biometría el T1 (alimento balanceado más la adicción de germen de maíz), presenta una velocidad de crecimiento sobresaliente de 27,6 cm, seguido del T2 que obtuvo un promedio de 26,34 cm.

Dado que los piscicultores desean mayor crecimiento de los peces, la velocidad de crecimiento es el criterio más utilizado para evaluar la dieta por el nivel de proteína. Sin embargó el crecimiento no siempre es el resultado de la síntesis de proteína. Muy a menudo se debe a un aumento del contenido de grasa en los tejidos con dieta ricas en carbohidratos. A si, el incremento en el valor de crecimiento al adicionar el contenido de proteína del alimento puede haberse debido a un aumento en el contenido de grasa y no al anabolismo de la proteína. (Diaz, 2008)

6.1.2.1 Diámetro pecho

La siguiente figura presenta las diferencias de los tratamiento en cuanto al desarrollo del diámetro pecho expresado en centímetros.

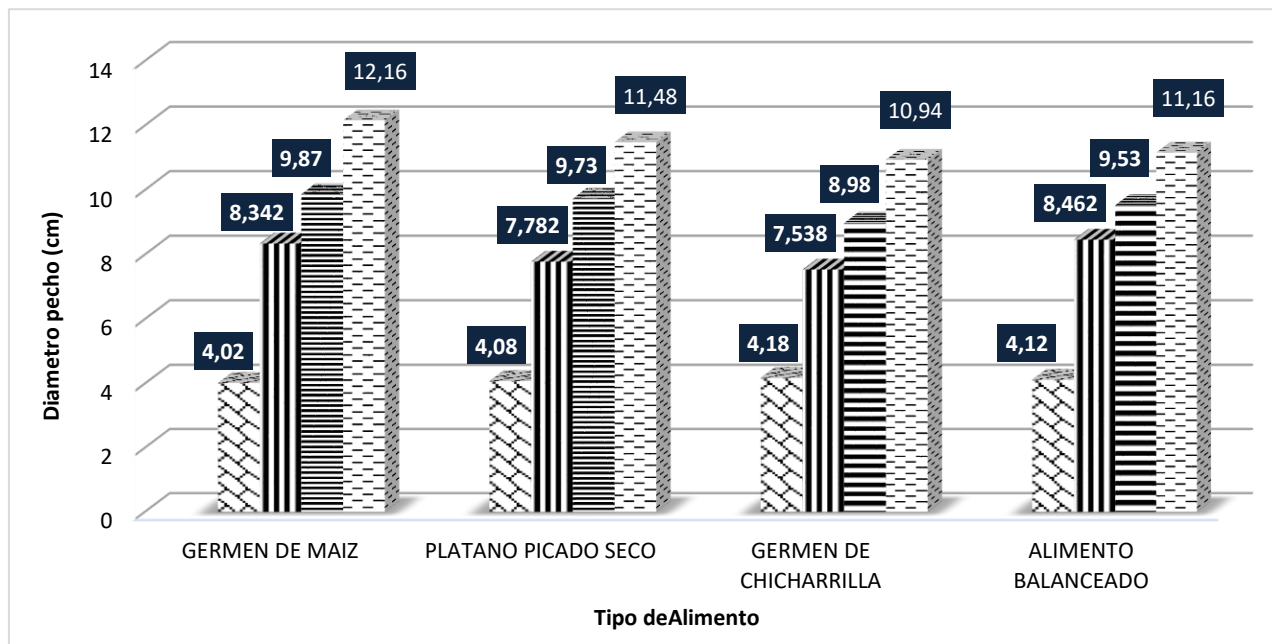


Figura 38: Desarrollo del diámetro pecho. Los colores expresan la cantidad promedio alcanzada para la toma de datos

Se puede observar en la figura 39, que el tratamiento T1 muestra un mejor crecimiento en el diámetro pecho con un promedio de 12,16 cm y el T2 también muestra un desarrollo de 11.48 cm promediados. Sin embargo, al inicio de la investigación tratamiento T1 presenta un menor crecimiento de 4.02 cm esto muestra claramente que adicionando el Germen de maíz a la alimentación del Pacú, que el insumo adicionado hace efecto en su crecimiento, más que el alimento comercial

6.2 Análisis económico

De acuerdo con Castañón, *et-al* (1998) se elaboró un plan de inversiones para la unidad productiva piscícola, cuya única variación entre tratamientos consistió en el costo del alimento

Cuadro 15: Resumen de los parámetros de análisis de costos para la producción de pacú

PARAMETROS	T1	T2	T3	T4
Beneficio bruto (Bs)	1689,93	1620,54	1393,38	1453,05
Costos de alimento	622,2	580,3	492,1	569,0
Costos de suplemento	36,5	90,08	150,67	0,0
Costos de los peces	124	124	124	124
Costos mano de obra	227,5	227,5	227,5	227,5
Costos totales (Bs)	1010,2	1021,9	994,2	920,5
Beneficio / Costo	1,40	1,59	1,67	1,58

Como se puede observar en el cuadro 13, presenta buenas calificaciones los criterios de evaluación y la relación beneficio/costo en cada tratamiento

El T1 (Alimento balanceado más la adición de germen de Maíz) y T2 (Alimento balanceado más la adición de Plátano seco picado), reflejan mejor rendimiento económico, la presencia de estos alimentos suplementarios es favorable en la alimentación del Pacú, a diferencia del testigo T4 (Alimento balanceado).

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio podemos concluir con lo siguiente:

El efecto de elaboración de raciones elaboradas a base de insumos locales como alimentos suplementarios para el Pacú si influyen en la ganancia de peso y longitud siendo las dietas con inclusión de Alimento balanceado más la adición de Germen de Maíz (T1) que mostro resultados de 375,54 gr. Y el Alimento balanceado más la adición de Plátano seco picado (T2) presenta un peso alcanzado de 360,12 gr. A diferencia del testigo que solo alcanzo un peso promedio de 322,9 gr.

La velocidad de crecimiento alcanzado por los peces muestra que el T1 obtuvo 27,06 cm de crecimiento longitudinal, este resultado indica que es favorable la adición del germinado de maíz a la dieta del Pacú, a diferencia del testigo que alcanzó un promedio longitudinal de 25,76 cm.

El crecimiento de diámetro pecho mostro resultados sobresalientes, mostrando al (T1) ser excelente adicionando este suplemento con un dato de 12, 16 cm a diferencia del testigo que muestra un crecimiento de 11,16 cm.

El T1 muestra económicamente ser rentable en la producción de Pacú ya que se observa en la figura 36 mejores ganancias de pesos en gramos, con la adición del Germen de maíz.

8. RECOMENDACIONES

Por el elevado costo que presenta el alimento balanceado para peces, se debe continuar investigando diferentes fuentes de alimentación, que puedan de alguna manera reemplazar este producto.

Se recomienda incluir el germen de Maíz de manera suplementaria en la dieta del Pacú, hasta un nivel del 15 % de proteína, de esta manera enriquecer al alimento balanceado ya que solo presenta un 30 % de proteína y tener un rendimiento adecuado

Tomar en cuenta la granulometría de los insumos de los alimentos en el momento del procesamiento de alimento suplementario, no solo se puede adicionar como germinado de estos granos o de forma seca como el plátano seco picado, también se puede adicionar haciendo harina de los mismos y formar un segundo pellets más enriquecido a diferencia del alimento comercial

Es muy importante continuar la investigación probando diferentes insumos locales que suplemente el alimento balanceado, de esta manera abaratar los costos de producción, logrando tener en el mercado precios accesibles para el consumidor.

9. BIBLIOGRAFIA

- Arismendi, S. R. (2017). *Comportamiento de cuatro variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) sometido a dos densidades de siembra en la Estación Experimental Sapecho-Alto Beni.*
- Calle, M. W. (2004). *Efecto de la incorporación de lisina en la ración de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss).*
- Campos, V. L. (2007). *Cartilla de acuicultura en la Amazonia.*
- Canal, E. (2015). *Piscicultura amazónica en Bolívia.*
- Cepac. (2013). *Manual para el cultivo de Pacu.*
- Col., M. y. (2013). *Tabla de composición de alimentos.*
- Díaz, U. J. (2008). *Evaluación de tres dietas en la alimentación de alevinos de carpa espejo (Cyprinus carpio specularis) bajo condiciones de cautiverio en la provincia de Caranavi.*
- Dr Jover, C. M. (2000). *Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo Bioenergético.*
- FAO. (2011). *Manual básico de piscicultura para Paraguay.*
- FAO. (2012). *Nutrición y alimentación de los peces.*
- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura.*
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura.*
- FAO, & agricultura, O. d. (2019). *Alimentos complementarios y alimentación.*
- FAO, O. d. (2019). *Alimentos complementarios y alimentación.*
- FONDEPES, F. n. (2012). *Manual de cultivo de Gamitana en ambientes convencionales.*

- Gironda, Z. I. (2015). *Evaluacion germinativa de acacia (Acacia melanoxylon R.Br) bajo efecto de tres niveles de luz y dos diferentes dencidades de siembra.*
- Lima, F. (2014). *Tipos de alimento.*
- Navarro, C. L., Restrepo, D., & Perez, J. (2014). *EL GUANDUL (Cajanus cajan) UNA ALTERNATIVA DE LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS.*
- Nuñez, S. S. (2017). *EFFECTO DE DIETAS CON DIFERENTES NIVELES PROTEICOS EN EL CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE ALEVINES DE Colossoma macropomum (SERRASALMIDAE) GAMITANA CULTIVADOS EN ESTANQUES.*
- Pacic, A., & INTA, C. R. (2010). *Cria de pacu en cautiverio.*
- Patricio, J. S. (2013). *Alimento estrusado.*
- PDM. (2014 - 2018). *PDM, Desarrollo Productivo, Municipio de Palos Blancos. La Paz.*
- Santamaria, M. A. (2014). *Nutricion y alimentacion en peces nativos.*
- Soorgelos, P. (2010). *Produccion en jaulas de Pacu y Tambaqui (Colossoma y piaractus).*
- Tarazona, R. J. (2010). *Contenido nutricional del germinado de grano de maiz (Sea maiz) adiferentes edades de cosecha.*

ANEXOS

Anexo1. Tabla elaborada para toma de datos en las diferentes biometrías

BIOMETRIA INICIAL

DATOS OBTENIDOS

TRATAMIENTO : 1

FECHA:

Alimento suplementario: **GERMEN DE MAIZ**

Nº de peces	PESO (g)	LT (Cm)	LD (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Anexo 2. Peso (cm), longitud (cm), diámetro pecho (cm) promedios alcanzados en las biometrías realizadas con la suplementación de insumos locales como alimento para el pacú.

BIO 1

ALIMENTOS	PESO (gr)	LT (Cm)	LD (Cm)
GERMEN DE MAIZ	36,3	12,08	4,02
PLATANO PICADO SECO	36,28	12,02	4,08
GERMEN DE CHICHARRILLA	36,38	12,1	4,18
ALIMENTO BALANCEADO	36,48	12,18	4,12

BIO 2

ALIMENTOS	PESO (gr)	LT (Cm)	LD (Cm)
GERMEN DE MAIZ	180,4	19,064	8,342
PLATANO PICADO SECO	159,3	18,824	7,782
GERMEN DE CHICHARRILLA	137,8	17,96	7,538
ALIMENTO BALANCEADO	185,2	19,728	8,462

BIO 3

ALIMENTOS	PESO (gr)	LT (Cm)	LD (Cm)
GERMEN DE MAIZ	303,1	24,02	9,87
PLATANO PICADO SECO	292,4	23,72	9,73
GERMEN DE CHICHARRILLA	222,7	21,76	8,98
ALIMENTO BALANCEADO	275,2	23,54	9,53

BIO 4

ALIMENTOS	PESO (gr)	LT (Cm)	LD (Cm)
GERMEN DE MAIZ	375,54	27,06	12,16
PLATANO PICADO SECO	360,12	26,34	11,48
GERMEN DE CHICHARRILLA	309,64	25,32	10,94
ALIMENTO BALANCEADO	322,9	25,76	11,16

Anexo 3. Calculo de ración diaria (Alimento balanceado) y (Alimento suplementario)

BIO 1

Cantidad de alimento a suministrar día

ALIMENTO	Nº Total Peces	peso promedio (gr)	biomasa	Alimento día (gr)
ALIMENTO BALANCEADO (T1)	153	36,3	5,5539	388,773
ALIMENTO BALANCEADO (T2)	151	36,28	5,47828	383,4796
ALIMENTO BALANCEADO (T3)	152	36,38	5,52976	387,0832
ALIMENTO BALANCEADO (T4)	150	36,48	5,472	383,04