

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



Efecto de la inclusión de cuatro aminoácidos en dieta para alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) y su influencia en el índice biométrico.

TESIS PRESENTADA POR:

Bachiller: NAVARRO PEREZ, Victoria Roxana

Bachiller: SUCA HUAMAN, Frank Jover

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

**ASESOR: Ing. COLQUEHUANCA VILCA,
JULIAN**

PUERTO MALDONADO – PERU

2018

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



Efecto de la inclusión de cuatro aminoácidos en dieta para alevines de paco *Piaractus brachypomus* y su influencia en el índice biométrico.

TESIS PRESENTADA POR:

**Bachiller: NAVARRO PEREZ, Victoria
Roxana**

Bachiller: SUCA HUAMAN, Frank Jover

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

**ASESOR: Ing. COLQUEHUANCA VILCA,
JULIAN**

PUERTO MALDONADO – PERU

2018

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Victoria Roxana Navarro Pérez

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Frank Jover Suca Huamán.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecer a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

De igual manera agradecer a mi profesor de Investigación y de Tesis de Grado, Ing. Julián Collquehuanca por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos, que ayudan a formarte como persona e investigador.

PRESENTACION

La producción acuícola nivel mundial en general sigue creciendo de manera sostenida, y en particular la acuicultura de agua dulce ha ido incrementando progresivamente su contribución a la productividad total de peces comestibles cultivados del 50% en 1980 al 63% en 2012. Por lo tanto el consumo aparente mundial de pescado *per cápita* también se incrementó un promedio de 9,9 kg en el decenio de 1960 a 19,2 kg en 2012. Debido a que el pescado ejerce una función fundamental en la seguridad alimentaria y las requerimientos nutricionales de las personas de países en desarrollo y desarrollados (FAO, 2014).

La producción de peces en agua dulce realiza la mayor contribución directa a la oferta de alimentos proteínicos accesibles, esencialmente para personas que permanecen en condiciones económicas de clase baja en países en desarrollo. Se prevé de igual forma que este subsector, gracias al desarrollo sostenible y el fomento constante, desempeña una función esencial para brindar la seguridad alimentaria y nutricional a largo plazo, asimismo como para satisfacer la intensificación 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, la inclusión de aminoácidos en el balanceo de dietas con la supervivencia de alevines de paco generando un rendimiento productivo positivo en el cultivo, 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.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos	6
1.4 Variables.....	6
1.5 Operacionalización de variables.....	7
1.6 Hipótesis	7
1.7 Justificación.....	7
1.8 Consideraciones éticas.....	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	9
2.1 Antecedentes de estudio.....	9
2.2 Marco teórico	14
2.2.1 Paco.....	14
2.2.2 Alimentación y nutrición de peces amazónicos.....	16
2.2.3 Efecto del nivel de la inclusión de aminoácidos en el balanceo de dieta.....	19
2.2.4 Producción piscícola de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>), en la Región De Madre De Dios	23
2.3 Definición de términos	23
CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION	26
3.1 Tipo de estudio	26
3.2 Diseño del estudio.....	26
3.3 Población y muestra.....	26
3.4 Métodos y técnicas.....	27
3.4.1 Ubicación del área de estudio.....	27
3.4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.4.3 Instrumentos de recolección de datos.....	28
3.4.4 Tiempo de duración de la ejecución experimental.....	28
3.5 Tratamiento de los datos.....	28
3.5.1 Tratamientos	28

3.5.2	Elaboración de las dietas experimentales	29
3.5.3	Proceso de elaboración de las dietas experimentales.....	29
3.5.4	Proceso Acondicionamiento de las unidades experimentales y alimentación.....	31
3.5.5	Período de aclimatación.....	32
3.5.6	Siembra de los alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	33
3.5.7	Formulación de dietas experimentales	33
3.5.8	Alimentación	35
3.5.9	Muestreos biométricos.....	37
3.5.10	Índices de crecimiento y zootécnicos.....	38
3.5.11	Parámetros fisicoquímicos del agua.....	40
3.5.12	Análisis de datos	41
CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.....		42
4.1	Resultados	42
4.1.1	Índices de crecimiento.	42
4.2	Índices Zootécnicos.	48
4.3	Parámetros Fisicoquímicos del Agua.....	52
CONCLUSIONES.....		57
SUGERENCIAS		58
Anexos		67

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables	7
Tabla 2: Requerimiento proteico para alevines de diferentes especies icticas, expresado como porcentaje de la dieta.....	17
Tabla 3: Digestibilidad de nutrientes.....	22
Tabla 4: Desembarque anual de pescado fresco, Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014.....	23
Tabla 5: Producción acuícola anual de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) en la región de Madre de Dios, periodo 2005-2014	23
Tabla 6: Diseño de investigación de cuatro tratamientos de alevines de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) con la inclusión de cuatro aminoácidos	26
Tabla 7: Evaluación de cuatro de tratamientos, tres dietas con inclusión de aminoácidos y una dieta comercial.....	29
Tabla 8: Composición porcentual de los insumos, aditivos y nutrientes de las dietas experimentales formuladas para alevines de paco, en los tratamientos.	34
Tabla 9: Composición bromatológica del alimento comercial puritilapia 40.....	35
Tabla 10: Programa de alimentación Gamitanas- Paco.....	36
Tabla 11: Pesos y longitud promedios de alevines de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) alimentados con dietas de tres niveles de inclusión de aminoácidos, Del inicio (0 días) y el final (45 días) del experimento.....	43
Tabla 12: Valores medios del peso (g) (promedio \pm desviación estándar) de alevines de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) alimentados con dieta conteniendo tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial. Del inicio (0 días) y el final (40 días) del experimento.....	44
Tabla 13: Valores medios de longitud total (cm) (promedio \pm desviación estándar) de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) alimentados con dieta conteniendo tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial durante 45 días.....	47
Tabla 14: Valores promedios \pm desviación estándar de los índices zootécnicos de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos.	49

Tabla 15: Calidad de agua (Promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase experimental de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	53
---	----

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Alevín de paco	14
Figura 2: Distribución de toda la energía consumida por un pez	18
Figura 3: Flujograma del proceso de elaboración.....	30
Figura 4: Flujo grama del proceso de acondicionamiento y alimentación	32
Figura 5: Acuarios acondicionados para cada unidad experimental	32
Figura 6: Pesado de alevines de Paco en vaso de precipitado	37
Figura 7: Evolución del peso total (g) de los peces sometido a la alimentación de dietas con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial en 45 días	45
Figura 8: Curva de crecimiento en longitud total (cm) de alevines de paco (Piaractus brachypomus) con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos cultivados en acuarios, durante 45 días.	48

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de evaluar el efecto del nivel de la inclusión de cuatro aminoácidos en dieta para alevines de Paco, (*Piaractus brachypomus*) y su influencia en el índice biométrico. La muestra se conformó con un total de 320 alevines con 2,81–2,87 cm de longitud y 0,32–0,34 g de peso en promedio. Se sembraron en 16 acuarios de 30 cm x 28,5 cm y 45 cm de medidas, con una densidad de 1 alevín /1,92 L. Considerando parámetros fisicoquímicos del agua (Temperatura, Oxígeno disuelto, pH, Alcalinidad y Dureza) monitoreados semanalmente. Se alimentó tres veces al día utilizando tres dietas con diferentes niveles de inclusión (T1=0,5%, T2=1,0%, T3=1,5%) de aminoácidos (Metionina, Treonina, Lisina y Triptófano) frente a una dieta testigo (TT=Purutilapia 40) por 45 días. A intervalos de 10 días se realizaron las evaluaciones biométricas (80 peces /tratamiento) evaluando el crecimiento en longitud y peso, y reajustar las raciones de los días posteriores. El tratamiento con mejor desempeño fue la dieta testigo, TT (6,32 cm y 4,56 g). En tanto, entre los otros tratamientos se observó que los peces del T3 presentó mejor rendimiento registrando 2,21 cm con un promedio de longitud ganada (LG) y de igual forma al aumento de masa, registrando 1,75 g de ganancia de peso (GP); 0,041 g/día de ganancia de peso diario (GPD) y 0,034 g biomasa ganada (BG). De acuerdo con esos resultados obtenidos la secuencia de los tratamientos es: TT > T3 > T2 > T1.

Palabras Clave: Paco, Aminoácidos, alimentación, dietas.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Research Institute of the Peruvian Amazon-IIAP. The objective was to evaluate the effect of the inclusion level of four amino acids in diet for Paco fry, (*Piaractus brachypomus*) and its influence on the biometric index. It was carried out with a total of 320 fingerlings with 2,81–2,87 cm in length and 0,32–0,34 g in weight on average. They were sown in 16 aquariums of 30 cm x 28,5 cm and 45 cm in size, with a density of 1 fingerlings/ 1,92 L. considering physicochemical parameters of water (Temperature, Dissolved Oxygen, pH, Alkalinity and Hardness) monitored weekly. It was fed three times a day using three diets with different levels of inclusion (T1 = 0,5%, T2 = 1,0%, T3 = 1,5%) of amino acids (Methionine, Threonine, Lysine and Tryptophan) against a control diet (TT = Puritilapia 40) for 45 days. Biometric evaluations (80 fish / treatment) were carried out at 10-day intervals, evaluating the growth in length and weight, and readjusting the rations for the following days. The treatment with the best performance was the control diet, TT (6,32 cm and 4,56 g). Meanwhile, among the other treatments it was observed that the fish of the T3 showed better performance registering 2,21 cm with an average of gained length (LG) and of equal form to the increase of mass, registering 1,75 g of gain of weight (GP); 0,041 g/day of daily weight gain (GPD) and 0,034 g of biomass gained (BG). According to these results, the sequence of treatments is: TT> T3> T2> T1.

Keywords: Paco, Amino acids, feeding, diets.

INTRODUCCION

En la Región de Madre De Dios se viene intensificando la producción piscícola, por consiguiente existen aproximadamente entre 400 a 600 productores de peces principalmente dedicados al manejo de especies amazónicas como el Paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*), sin embargo, persiste el problema de ineficiencia con el aporte adecuado de nutrientes para el crecimiento principalmente en la etapa de alevines del pez a fin garantizar una máxima supervivencia.(Morillo et al. 2013).

Los conocimientos e investigaciones sobre requerimientos nutricionales y niveles de energía son de mucha importancia para producción acuícola, es de gran trascendencia en la industria de la acuicultura por hallarse ampliamente relacionado con sus funciones vitales de crecimiento, engorde, reproducción y de otras funciones básicas .(Marino 2010).

La mejora de la producción de alevines de alta calidad y saludable es un objetivo clave para una expansión exitosa y competitiva de la industria acuícola. Aunque se producen grandes cantidades de larvas de peces, las tasas de supervivencia son a menudo bajas o muy variables y, en la mayoría de los casos, el potencial de crecimiento no está plenamente explotado, lo que indica brechas significativas en nuestro conocimiento sobre las condiciones nutricionales y culturales óptimas (Valente et al. 2013).

Existen diversos trabajos de investigación para diferentes especies de peces sobre la formulación de dietas para la etapa de alevines con requerimientos de aminoácidos esenciales, sin embargo, existe escasa investigación sobre los requisitos dietéticos que incluyen aminoácidos esenciales como la lisina, treonina, metionina y triptófano en formulación de dietas satisfactorias para el rendimiento de manejo en la etapa de alevines de Paco (*piaractus brachypomus*).

Por tanto, el problema del presente trabajo se focaliza en la formulación de dieta con aporte de aminoácidos esenciales para mejorar el rendimiento de la producción de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*). En la presente

investigación no se abordará las variables económicas, operacionales y de procesos.

Por consiguiente, la presente investigación busca formular una dieta que pueda satisfacer los requerimientos nutricionales de los alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*), siendo un objetivo clave para una expansión exitosa y competitiva de la industria acuícola. (Valente et al. 2013).

Para estas especies nativas de climas cálidos como el Paco (*Piaractus brachypomus*), y otras especies las exigencias de requerimientos nutricionales en aminoácidos se encuentran aún en estudio de investigación; por lo tanto, para elaborar una dieta nutricional se recomienda formular y considerar niveles más altos de aminoácidos que los exigidos por otras especies que habitan en climas cálidos ya estudiadas (IIAP, 2000).

En este contexto el actual estudio de investigación se justifica basada en la importancia de análisis de datos y resultados obtenidos de dicha investigación que contribuirán a identificar y evaluar los requerimientos nutricionales de esta especie de pez "Paco (*Piaractus brachypomus*)", tan demandada en la Amazonia Peruana. Para los productores acuícolas es relevante el acceso a conocimientos de fórmulas dietarias eficientes resultados de la investigación realizada en la región. (IIAP, 2000).

Por lo expuesto anteriormente, este trabajo se centra en estudiar el efecto del nivel de la inclusión de cuatro aminoácidos (metionina, treonina, lisina, triptófano) en dieta (T1= 0,5%, T2=1,0%, T3=1,5%) y una dieta testigo (TT= PURITILAPIA 40%), para alevines de paco, (*Piaractus brachypomus*) y su influencia en el índice biométrico.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Descripción del problema

En la Región de Madre De Dios se viene intensificando la producción piscícola, por consiguiente existen aproximadamente entre 400 a 600 productores de peces principalmente dedicados al manejo de especies amazónicas como el Paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*), sin embargo, persiste el problema de ineficiencia con el aporte adecuado de nutrientes para el crecimiento principalmente en la etapa de alevines del pez a fin garantizar una máxima supervivencia.(Morillo et al., 2013).

El conocimiento de los requerimientos nutricionales y niveles de energía necesarios para peces, es de gran trascendencia en la acuicultura por encontrarse profundamente relacionado con sus funciones de crecimiento, reproducción y mantenimiento de otras funciones vitales básicas.(Marino, 2010).

La mejora de la producción de alevines de alta calidad y saludable es un objetivo clave para una expansión exitosa y competitiva de la industria acuícola. Aunque se producen grandes cantidades de larvas de peces, las tasas de supervivencia son a menudo bajas o muy variables y, en la mayoría de los casos, el potencial de crecimiento no está plenamente explotado, lo que indica brechas significativas en nuestro conocimiento sobre las condiciones nutricionales y culturales óptimas (Valente et al., 2013).

Existen diversos trabajos de investigación para diferentes especies de peces sobre la formulación de dietas para la etapa de alevines con requerimientos de aminoácidos esenciales, sin embargo, existe escasa investigación sobre los requisitos dietéticos que incluyen aminoácidos esenciales como la lisina, treonina, metionina y triptófano en formulación de dietas satisfactorias para el

rendimiento de manejo en la etapa de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*).

1.2 Formulación del problema

El presente trabajo de investigación se realiza con la siguiente interrogante:

¿En qué medida influye el nivel de aminoácidos (lisina, metionina, treonina y triptófano) incluidas en la dieta sobre el índice biométrico de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*)?

1.3 Objetivos

a) Objetivo General.

Evaluar el efecto del nivel de aminoácidos (lisina, metionina, treonina y triptófano) incluidas en la dieta sobre la variación del índice biométrico de los alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*).

b) Objetivos Específicos.

Comparar la variación de crecimiento en masa y longitud de los alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dietas conteniendo 0,5; 1; y 1,5% de aminoácidos.

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, y S: Supervivencia) en el cultivo de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*).

1.4 Variables

a) Variables independientes: Inclusión porcentual de aminoácidos (Metionina, Treonina, Lisina y triptófano) en dieta (T1= 0,5%, T2=1,0%, T3=1,5%).

b) Variables dependientes: Longitud Total Individual (LTI), Ganancia de Peso Individual (GPI), Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

1.5 Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	INDICADOR			UNIDAD DE MEDIDA	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Aminoácidos	Dieta			g /100g
		T1	T2	T3	
	Metionina	0,5	1	1,5	
	lisina	0,5	1	1,5	
	treonina	0,5	1	1,5	
	triptófano	0,5	1	1,5	
VARIABLE DEPENDIENTE	Longitud Total Individual (LTI)			cm	
	Ganancia de Peso Individual (GPI)			g	
	Tasa de Conversión alimenticia (TCA)			g	
	Tasa de Crecimiento Especifico (TCE)			%	

Fuente: Elaboración propia (2018)

1.6 Hipótesis

- a) **Hipótesis nula:** La inclusión de aminoácidos en el balanceo de dietas no influirá en el desarrollo y supervivencia de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*).
- b) **Hipótesis alterna:** La inclusión de aminoácidos en el balanceo de dietas influirá en el desarrollo y supervivencia de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*).

1.7 Justificación

Los productores de peces enfrentan el problema de alta mortandad en la etapa de alevines en sistema de estanques a causa de la deficiencia de requerimientos nutricionales fundamentalmente de aminoácidos esenciales (lisina, treonina, metionina y triptófano) (Michelato et al., 2016).

Por consiguiente, la presente investigación busca formular una dieta que pueda satisfacer los requerimientos nutricionales de los alevines de Paco

(*Piaractus brachypomus*), siendo un objetivo clave para una expansión exitosa y competitiva de la industria acuícola. (Valente et al., 2013).

Para las especies nativas como el Paco (*Piaractus brachypomus*), las exigencias de requerimiento nutricional en aminoácidos se encuentran aún en estudio; por lo tanto, para realizar una formulación para una dieta se recomienda considerar niveles más altos de inclusión de aminoácidos que los exigidos por otras especies de climas cálidos ya estudiadas (IIAP, 2000).

En este contexto el presente estudio de investigación se justifica basada en la importancia de los resultados que contribuirán a identificar y evaluar los requerimientos nutricionales de esta especie de pez “Paco (*Piaractus brachypomus*)”, tan demandada en la Amazonia Peruana. Para los productores acuícolas es relevante el acceso a conocimientos de fórmulas dietarías eficientes resultados de la investigación realizada en la región. (IIAP, 2000)

1.8 Consideraciones éticas

El sistema de producción acuícola requiere manejo adecuado del sistema acuático, optimización de la formulación de las dietas por lo tanto el presente trabajo se ha realizado con el objetivo de mejorar la producción, en ese contexto no se han infringido las normas de manejo de alevines.

El uso de animales en investigación para beneficio humano impone al ser humano la responsabilidad moral de respetarlo, no causándole daño ni sufrimiento innecesario, al estar trabajando con seres vivos y sentientes.

En la presente investigación tiene que ver con el desarrollo de la acuicultura, este artículo expone los cuidados de los alevines experimentales.(Yunta Er 2013).

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de estudio

Nurhafa S. et al. (2017). Realizaron este estudio “Los efectos de la metionina y la lisina unidas a proteínas sobre la tasa de crecimiento, la utilización de alimento y la digestibilidad para alevines de bagre africano (*Clarias gariepinus*)” en el cual evaluaron los efectos de tres tipos de dietas (LyMet A, LyMet B y LyMet C) mediante el uso de ingredientes de alimentos disponibles localmente; lombriz en polvo, harina de pescado, desechos de soja, hojas de *Leucaena leucocephala* y salvado de arroz. Cada una de las dietas se analizó en cuanto a sus aminoácidos limitantes, metionina ligada a proteínas y lisina. Se llevó a cabo una prueba de alimentación durante 12 semanas para determinar la utilización de alimentos formulados para peces hacia los alevines de bagres africanos. Los alevines, con un significado peso inicial de $3,10 \pm 0,10$ g se alimentaron dos veces al día al 5% de su peso corporal. Ly Met A mostró la mayor ganancia de peso ($1676,18 \pm 13,60\%$), tasa de crecimiento específica ($3,20 \pm 0,01\%$ / día) y digestibilidad de metionina y lisina ($92,33 \pm 0,11$ y $96,39 \pm 0,01\%$) , respectivamente.

Wu M. et al. (2017) Realizaron este estudio “Evaluar los efectos de los patrones de aminoácidos en la dieta sobre el crecimiento, la utilización de alimento y el IGF-I hepático, los niveles de expresión de genes TOR de juveniles de mero híbrido (*Epinephelus fuscoguttatus* Ep \times *Epinephelus lanceolatus* ♂)”. En el cual se evaluaron los efectos de diferentes cuatro isoenergéticos (350 kcal por 100 g materia seca), isoproteico (53,5% de materia seca) e isolipídico (7% de materia seca) dietas experimentales fueron formuladas con aminoácidos cristalinos (AA) reemplazando

aproximadamente 42% de nitrógeno unido a proteína de harina de pescado para mantener los patrones dietéticos de AA en línea con los patrones generales de AA de proteína de huevo entero (WEPAA), proteína de cuerpo entero (WBPAA), proteína muscular (MCPAA) de mero híbrido y proteína de harina de pescado (anchoa) (FMPAA), respectivamente. Cada dieta experimental se alimentó a grupos triplicados de 15 juveniles de meros híbridos (peso inicial promedio de 10,8 g / pez) que se almacenaron en pequeñas jaulas flotantes (L 120 cm x W 70 cm x H 50 cm. El aumento de peso (WG) de los peces alimentados con la dieta FMPAA fue significativamente ($P < 0,05$) mayor que el de los peces alimentados con la dieta WEPAA o la dieta WBPAA, pero no difirió significativamente ($P \geq 0,05$) de los peces alimentados con la dieta MCPAA. Los valores de la ingesta diaria de alimento (DFI) de los peces alimentados con la dieta WEPAA o la dieta WBPAA fueron significativamente más altos que los de los peces alimentados con la dieta MCPAA o la dieta FMPAA. Los peces alimentados con la dieta FMPAA tuvieron relaciones de conversión de alimento significativamente más bajas (FCR), mayor índice de eficiencia proteica (PER) y mayor valor de producción de proteína (PPV) en comparación con los peces alimentados con otras dietas experimentales.

He J.Y. et al. (2016) Realizaron este estudio para examinar el “Efecto de las concentraciones de metionina en la dieta sobre el rendimiento de crecimiento de la tilapia juvenil del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentada con dietas con dos niveles diferentes de energía digerible” para prueba de crecimiento en tilapia juvenil del Nilo. Diez dietas prácticas iso-nitrogenadas (288 g kg^{-1} proteína), con dos niveles de DE ($10,9 \text{ MJ kg}^{-1}$, $12,4 \text{ MJ kg}^{-1}$) y cinco niveles de suplementación de metionina (0, 1, 2, 4 y 6 g kg^{-1}), fueron alimentados manualmente dos veces al día a grupos triplicados de tilapia del Nilo (peso corporal inicial $8,95 \pm 0,06 \text{ g}$) durante 8 semanas. El aumento de peso (WG) y la tasa de crecimiento específico (SGR) aumentaron significativamente al aumentar la concentración de metionina en la dieta con el mismo contenido de DE ($P < 0,001$). Al mismo nivel de metionina en la dieta, WG y SGR de peces alimentados con dietas

altas fueron significativamente más altos que los de peces alimentados con dietas bajas en DE ($P = 0,0001$), aunque no se encontró interacción entre la de dietética y la suplementación con metionina. En base al análisis de regresión cuadrática entre la concentración de metionina en la dieta y el aumento de peso, el requerimiento óptimo de metionina para un crecimiento máximo, expresado como g Met requirió dieta kg^{-1} (dietas bajas versus altas), aumentó a medida que aumentó la concentración de DE en dieta (7,34 versus 9,90 g kg^{-1} de dieta, respectivamente, con cisteína 4,70 g kg^{-1} de dieta). Los resultados indicaron que el contenido de DE en la dieta afecta la utilización de metionina y el requerimiento en la tilapia juvenil del Nilo, los peces alimentados con dietas altas requieren más metionina para un crecimiento máximo.

Diogenes A.F. et al. (2015), Realizaron el estudio de “Establecimiento de las relaciones óptimas de aminoácidos esenciales en juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) por el método de eliminación” para mejorar la producción de pescado es reducir los costos de alimentación y el impacto ambiental al reducir el contenido de proteína en la dieta. Usando el método por eliminación, determinando la relación óptima de aminoácidos (AA) para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (peso corporal 20 g). Once dietas experimentales y cuatro repeticiones, tomadas dos a la vez, distribuidas en un diseño de bloques al azar fueron usadas. Para esta prueba, se formuló una dieta balanceada (BD). Diez otras dietas fueron formuladas por el método de eliminación, en el que la dieta BD se ajustó para dar como resultado una reducción del 45% del aminoácido de prueba. Los peces fueron alimentados tres veces al día durante 57 días. Grupos de peces al principio y al final del experimento fueron sacrificados para la posterior determinación de la composición de nitrógeno de la carcasa (N). Lo óptimo la relación de cada AA se derivó dividiendo el requisito para cada AA por los requisitos para la lisina. Las relaciones de AA esenciales, expresadas en relación con la lisina (= 100), fueron metionina 64, treonina 93, triptófano 24, arginina 125, histidina 34, isoleucina 57, leucina 96, valina 76 y fenilalanina 101. Nuestros hallazgos

podrían usarse para diseñar estrategias dirigidas a reducir los costos de producción de *Oreochromis niloticus*.

Zehra S. y Khan M.A. (2015). Realizaron el estudio “Necesidad de triptófano en la dieta de *Catla catla* (*Hamilton*) basada en el crecimiento, la ganancia de proteína, la relación ARN / ADN, los parámetros hematológicos y la composición de la carcasa” en el cual se evaluó requerimiento óptimo para el crecimiento y ganancia de proteína de *Catla Catla*, se llevándose a cabo una prueba de alimentación de 12 semanas en dieciocho canales circulares de polivinilo interiores de 70 L provistos de un sistema de flujo de agua para evaluar el requerimiento de triptófano en la dieta de *Catla catla*. Seis dietas de prueba de aminoácidos caseína-gelatina (330 g kg⁻¹ proteína cruda, 13,6 kJ g⁻¹ energía digestible) que contienen niveles graduales de L-triptófano (1,0; 1,4; 1,9; 2,3; 2,8; 3,4 g kg⁻¹ dieta seca) fueron alimentados triplicar grupos de peces cerca de la saciedad a las 08:00, 12:30 y 17:30 h. Ganancia de peso absoluta, relación de conversión de alimento, ganancia de proteína, relación ARN / ADN, índice hepatosomático, índice viscerosomático, factor de condición e índices hematológicos mejorados con los niveles crecientes de triptófano de 1,0 a 2,3gkg⁻¹ de dieta seca. Se obtuvo una proteína de carcasa significativamente más alta a 2,3 g de triptófano por kilogramo de la dieta seca. El análisis exponencial de ganancia de peso absoluta, relación de conversión alimenticia, ganancia de proteína y relación ARN / ADN contra niveles de triptófano en la dieta a 95% de respuestas máximas y mínimas mostró el requerimiento de triptófano a 2,5; 2,3; 2,5 y 2,1 g kg⁻¹ de dieta seca, respectivamente. La inclusión de triptófano en la dieta en el rango de 2,1–2,5 g kg⁻¹ de dieta seca, equivalente a 6,4–7,6 g kg⁻¹ de proteína dietética, se recomienda en la formulación de alimento triptófano balanceado para el cultivo de esta especie de pescado.

Vásquez W. (2013). Realiza el estudio “Crecimiento de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas que contienen diferentes perfiles de aminoácidos esenciales”. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de las dietas con diferentes perfiles de aminoácidos

esenciales (EAA) sobre la eficiencia del uso de nutrientes y el crecimiento del Paco juvenil (*Piaractus brachypomus*). La caseína y la gelatina se utilizaron como fuentes de proteínas, y se formularon nueve dietas con una concentración de caseína entre 0 y 35%, con incrementos de 4,4% y reducción reactante de la proporción de gelatina. Se determinó el perfil de aminoácidos de muestras de caseína, gelatina y tejido de todo el cuerpo del Paco juvenil. Los niveles de caseína en la dieta mostraron un efecto cuadrático positivo sobre las variables zootécnicas. El puntaje químico entre el perfil de aminoácidos de la proteína corporal y el perfil de las dietas experimentales mostró que en las dietas con 31,6 y 35% de caseína, el contenido de arginina se vuelve limitante. El perfil de aminoácidos corporales de Paco fue similar al patrón descrito para teleósteos. El perfil de aminoácidos obtenido con la mezcla de caseína y gelatina en la relación de 8:1 es cercano al requerido para el crecimiento de (*Piaractus brachypomus*) juvenil.

Cao J.M. y Chen Y. (2011). Se realizó “Un estudio sobre el requerimiento dietético de l- lisina del bagre amarillo juvenil *Pelteobagrus fulvidraco*”. En el cual determino el requerimiento de lisina del bagre amarillo juvenil (*Pelteobagrus fulvidraco*) al alimentar con dietas formuladas que contienen l- lisina cristalina. Seis dietas isonitrogenadas e isoenergéticas (proteína 405 g kg⁻¹, energía brillante 18 kJg⁻¹) que contienen harina de pescado junto con concentrado de proteína de soja como fuentes de proteína y aceite de pescado junto con aceite de soja como fuentes de lípidos fueron formulados. Se añadió l-lisina cristalina a las seis dietas para obtener concentraciones de lisina de 17,3; 21,8; 26,0; 31,3; 35,5 y 41,9 g kg⁻¹. Dietas secas, respectivamente. La mezcla de aminoácidos cristalinos se complementó para simular el perfil de aminoácidos en el músculo del bagre amarillo. Los resultados indicaron que el peso corporal final (FBW), el aumento de peso (WG), la tasa de crecimiento específico (SGR), la eficiencia alimenticia (FE) y la eficiencia proteica (PE) aumentaron con el aumento en el nivel de lisina dietética de 17,3 a 31,3 kg⁻¹ de la dieta y luego disminuyó a medida que los niveles de lisina en la dieta aumentaron aún más. No se encontraron diferencias significativas

en la tasa de supervivencia entre todos los tratamientos dietéticos. El análisis de línea recta cuadrática de una pendiente sobre la base de SGR mostró que el requerimiento dietético de L- lisina del bagre amarillo juvenil era de 33,1 g kg⁻¹ de dieta seca (83,2 g kg⁻¹ de proteína dietética).

2.2 Marco teórico

2.2.1 Paco

El Paco (*Piaractus brachipomus*), son peces de climas cálidos, tiene una distribución geográfica igual al de la Gamitana o pirapitinga (*Colossoma macropomum*), compiten por la obtención de alimentos y comparte hábitat y nicho ecológico. El paco en su etapa adulta presenta una tonalidad grisácea con reflejos azulejos brillante en el dorso o lomo; el abdomen es blanquecino con ligeras manchas de tonalidad anaranjadas; la aleta adiposa es carnosa con coloración oscura. En cambio, en la etapa juvenil, suelen obtener colores más claro con tonalidades rojo intenso o anaranjado en la parte delantera del abdomen, aletas caudales y anales. Se diferencia de la gamitana (*Colossoma macropomun*), por su mayor crecimiento en altura, es de conducta migratorio (reofílico), el paco en su fase adulta mide en su habitat natural alrededor 85 cm y pudiendo alcanzar a pesar 20 kilogramos (IIAP 2000).



Figura 1: Alevín de paco

Fuente: Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. (2014)

La demanda y preferencia por esta especie y su adaptabilidad en nuestro intermedio y los productores de peces es por su rápido desarrollo en crecimiento, rápida aceptabilidad al alimento suministrado por los piscicultores, excelente condición para el mono y policultivo, así como para piscicultura asociada, es resistente al manipuleo y tiene un buen índice de conversión, excelentes tasas de crecimiento y resultados promisorios de

reproducción inducida y el cruce de especies con gamitana generando el híbrido Pacotana (Del Risco Orbe 2014).

A. Clasificación Taxonomica.

Lauder y Liem en 1983. Definen la categoría taxonómica de (*Piaractus brachypomus*) de la siguiente forma.

Phylum: *Chordata*

Sub-Phylum: *Vertebrata*

Clase: Peces

Subclase: *Gnathostomata*

Orden: *Characiformes*

Familia: *Characidae*

Sub-familia: *Serrasalminidae*

Genero: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus*

Nombre Común: Paco, Cachama blanca, Pirapitinga, tambaqui

B. Ciclo de Crecimiento

Según **Tresierra y Culquichicón 1993**, el crecimiento de Paco, se ha desarrollado en tres etapas todo su ciclo de vida, que a continuación se detalla.

a) Inicio

○ Larvas:

Al eclosionar la larva planctónica su alimentación inicia aprovechando los remanentes de yema y son a menudo denominados embriones libres o pro larvas.

○ Post Larvas:

Después de algunos días de consumir toda la yema la larva empieza a buscar alimento en el medio ambiente, por lo general plancton. Este es el inicio de la verdadera fase larvaria. Esta transición es a menudo se determina como periodo crítico de la larva es cuando una cantidad significativa mueren de inanición al escaso alimento del medio. En esta fase la larva toma un color medio transparente (característica ventajosa en plancton) poseen ojos prominentes (indicativo de detección visual de

predadores) y para moverse o nadar lo hacen serpenteando su noto cordón (en esta fase aun no desarrollan su espina).

b) Juveniles o Alevines:

El pez juvenil adquiere la forma de un pez adulto con menor tamaño de 1,5 a 2,5 cm. y la definición somática del sexo en esta etapa, el órgano reproductor ya están completamente formados. Woynarovich, A. (1998).

Es la fase en la cual ya han dejado el desarrollo post larvario, se toman la forma física a la de un pez adulto, pero sus órganos sexuales aún no están maduros. A partir de esta edad son más resistentes y difícilmente mueran

c) Adultos:

Engorde:

Esta es la etapa donde el pez completa su desarrollo físico y sexual, cuando se practica las crianzas por estanque se recomienda separar para iniciar el proceso de reproducción inducida o destinar al mercado para su consumo

C. Cultivo

El Paco es un producto que tiene acogida en el mercado regional, ya que tiene características similares a la gamitana , en aspectos como el de su hábitat, desarrollo y crecimiento, el precio de su carne es menor al de la gamitana puesto que contiene mayor cantidad de espinas y eso dificulta su consumo por una parte minoritaria de la población, sin embargo por poseer características de coloración rojiza tiene mayor aceptación y demanda y su crecimiento es acelerado hasta alcanzar talla comercial, esta especie podría impulsar la acuicultura en las regiones de climas cálidos debido a que es la especie con mayor producción demanda acuícola en las regiones con climas cálidos (Pesca 2014).

2.2.2 Alimentación y nutrición de peces amazónicos

La alimentación y nutrición de es uno de los aspectos con mayor importancia durante la práctica de cultivo de peces, ya que el piscicultor realiza el mayor gasto representativo y, por lo tanto, deber ser bien administrado. Los alimentos son productos sólidos o líquidos que ingieren los peces para aprovechar sus nutrientes que necesitan para vivir, estos alimentos en el medio natural de la flora y fauna silvestre y pueden ser, hojas, frutos,

semillas, hierbas, bichos, insectos, crustáceos, huevos, larvas plancton, otros peces, etc.(Pereyra 2013).

Tabla 2: Requerimiento proteico para alevines de diferentes especies icticas, expresado como porcentaje de la dieta.

Nombre Común	Nombre Científico	Requerimiento de Proteínas (%)
Anguila Japonesa	<i>Anguilla japonesa</i>	44,5
Bagre de Canal	<i>Ictalurus punctatus</i>	32–36
Barbus silver	<i>Puntius gonionotus</i>	35
Bocachico	<i>Prochilodus magdalenae</i>	42
Cachama negra	<i>Colossoma macropomun</i>	40
Carpa herbívora	<i>Ctenopharingodon</i>	41–43
Disco	<i>Symphyllum scalare</i>	44,1–55,1
Escalar	<i>Pterophyllum scalare</i>	35
Goldfish	<i>Carassius auratus</i>	29
Gurami	<i>Trichogaster Trichopterus</i>	25
Mojarra amarilla	<i>Caquetaia kraussi</i>	40
Mojarra plateada	<i>Oreochromis niloticus</i>	40
Perca	<i>Micropterus salmoides</i>	40
Tilapia aurea	<i>Tilapia aurea</i>	40
Tilapia zillii	<i>Tilapia zillii</i>	35
Sabalote	<i>Chanos chanos</i>	40

Fuente: Modificado de López (1987) y Chong et al. (2000)

Los nutrientes, son sustancias presentes en los alimentos, son compuestos químicos contenidos en los alimentos que aportan a las células macronutrientes y micronutrientes para vivir. Los nutrientes son: compuestos como proteínas, aceites, vitaminas, minerales y tienen como función aportar material energético, estructural y/o regulador a las células. de los peces y estos puedan realizar diversas actividades físicas (nadar, buscar alimento, respirar, reproducirse, huir), además proporcionar los elementos necesarios como materiales para formar la estructura del organismo en el crecimiento y renovación celular.(Pereyra 2013).

Los peces necesitan energía para cumplir diferentes procesos, tales como: crecer, moverse, realizar funciones digestivas, construcción y regeneración de

tejidos. Como fuente de energía se encuentran las proteínas (para crecer), grasas, hidratos de carbono y fibra (para otros procesos).

Las exigencias energéticas varían con la especie, con la edad y con el tipo de trabajo, bien sea para mantenimiento, crecimiento o reproducción. En términos generales los peces tropicales exigen menos energía que los de clima frío. A continuación, se presenta un resumen del flujo de energía en los peces:

DISTRIBUCION DE TODA LA ENERGIA CONSUMIDA POR UN PEZ

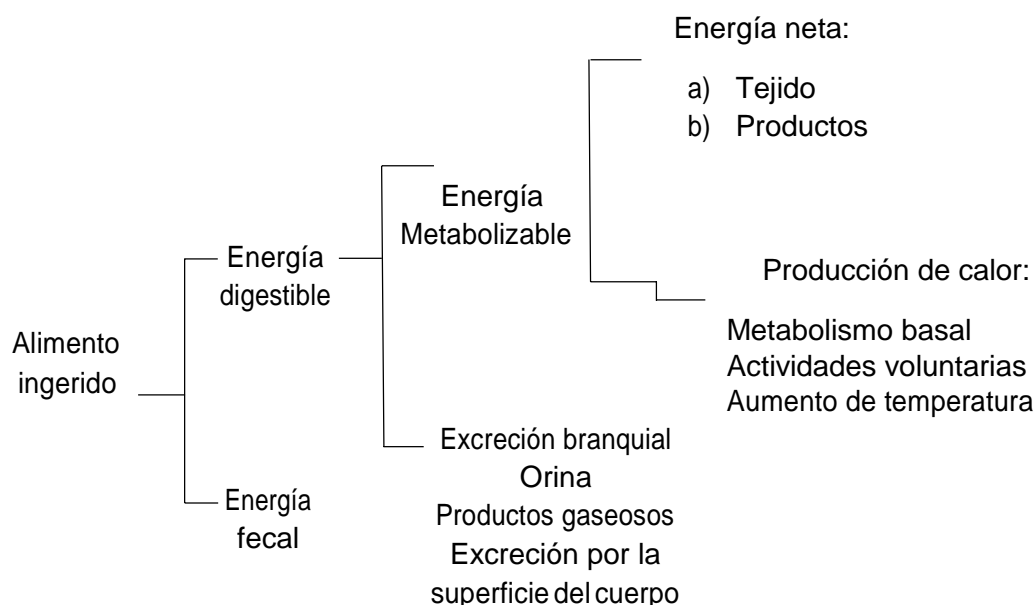


Figura 2: Distribución de toda la energía consumida por un pez

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. (2013)

a) Energía digestible

Determinando el calor de combustión de las heces y restando este valor de la EB, se obtiene la energía digestible aparente o ED., este valor se califica de aparente porque es la energía fecal que incluye la de productos metabólicos del cuerpo y la del alimento no digerido. La porción metabólica corresponde a los líquidos digestivos y a los residuos de la mucosa intestinal. En sentido estricto, esta pérdida es parte de la demanda de mantenimiento del animal (Maynard 1989).

La Energía Digestible Verdadera es el valor al que se llega restando solo la energía fecal de origen alimentario de la ingestión bruta energética (Maynard, 1989).

b) Energía fecal.

Con la energía bruta obtenida del ingrediente a evaluar y de las heces de las aves en tratamiento, se hace una corrección utilizando la energía bruta o sea la energía fecal de origen metabólico más energía urinaria de origen endógeno, obtenida del ave sin alimento o control (Sibbald, 1979).

Sin embargo, hay muchos factores que alteran los requerimientos nutricionales y en base a los que las raciones deben ser ajustadas:

- ✓ **Temperatura.** Cuando la temperatura ambiental baja, el metabolismo baja. En la Amazonía cuando la temperatura baja, debe reducirse la ración de los peces a 1% de la biomasa total.
- ✓ **Tamaño del pez.** Los peces pequeños producen más calor por unidad de peso que los peces más grandes. Los alevines deberían ser alimentados con una ración más alta, por ejemplo: 5-7% de su peso total.
- ✓ **El nivel de alimentación.** Es importante porque el consumo de oxígeno aumenta rápidamente después de la ingestión de alimento, debido a las actividades físicas del pez y al calor producido por el metabolismo del alimento.
- ✓ **Otros factores.** La alta densidad de peces, el estrés y la acumulación de desechos, bajan la concentración de oxígeno y aumentan los requerimientos de energía para depurar el ácido láctico producido, el cual es tóxico.

2.2.3 Efecto del nivel de la inclusión de aminoácidos en el balanceo de dieta

El presente proyecto se presenta como una opción de mejora nutricional para el manejo de alevines de Paco garantizando el buen desarrollo y supervivencia.

a) Aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas nitrogenadas simples con cadena hidrocarbonada de bajo peso molecular. Todos los aminoácidos a excepción de la glicina tienen dos formas estructurales o estereo isómeros posibles: L y D. Todos los aminoácidos presentes en las proteínas animales pertenecen a la serie L. Sin embargo, en ciertos casos el animal dispone de la capacidad

enzimática precisa para aprovechar la forma D previa transformación en la forma L correspondiente.(Myra T. Johnson 1977).

Los aminoácidos son las unidades estructurales de las proteínas. Durante la digestión las proteínas, son degradadas a aminoácidos y éstos son absorbidos por el tracto gastrointestinal para formar nuevas proteínas, como por ejemplo los músculos.(Myra T. Johnson 1977). Por otra parte, la proteína y aminoácidos de los alimentos sólo son disponibles parcialmente para el animal, ya que se pierde en las heces. Además, la proteína y aminoácidos que aparentemente se absorben en el ciego e intestino grueso son principalmente fermentados por la micro flora, resultando la formación de amoníaco y proteína microbiana como principales compuestos nitrogenados.

Estos sin embargo no contribuyen al pool de aminoácidos disponibles para la síntesis proteica del animal. La hidrólisis de proteína y la subsiguiente absorción de aminoácidos y péptidos tiene lugar sobre todo en el intestino delgado, como resultado de la actuación de enzimas digestivas producidas por el huésped (Jansman 2000).

El suministro de aminoácidos al animal en la dieta depende de la composición y digestibilidad de los ingredientes que la componen (Jansman 2000). Si la dieta posee niveles inadecuados de algún aminoácido esencial, la síntesis de proteínas no puede ir más allá al límite en que este aminoácido esté disponible, esto es lo que se conoce como aminoácido limitante.

El concepto de “proteína ideal” o “balance ideal de aminoácidos” provee un perfil perfecto de aminoácidos esenciales y no esenciales en la dieta, sin ningún exceso o deficiencia de estos. La “proteína ideal” provee exactamente en un 100% los niveles recomendados de aminoácidos (Turcios 2004). Esto significa que ningún aminoácido se suministra en exceso en comparación con el resto. Como consecuencia, la retención de proteína (ganancia respecto a consumo de proteína) es máxima y la excreción de nitrógeno es mínima. Esto es posible a través de una adecuada combinación de concentrados proteicos y aminoácidos cristalinos suplementarios. También implica que se conocen las digestibilidades verdaderas de los aminoácidos.(Leclercq 1998).

b) Requerimientos nutricionales proteínas y aminoácidos

Son considerados factores de mucha importancia para la vida y crecimiento del Paco. Las proteínas son compuestos químicos y están constituidas por unidades nitrogenadas y un grupo carboxilo unidos por un carbono asimétrico denominadas aminoácidos; se conocen de 20 a 23 aminoácidos *Hepher, B. (1993)*, Los peces tienen la capacidad adsorber algunos aminoácidos para la formación estructural de otros, pero existen varios aminoácidos que no pueden ser sintetizados por el organismo de los peces. Estos aminoácidos se consideran esenciales y son los siguientes: arginina, triptófano, isoleucina, fenilalanina, leucina, metionina, leucina, treonina, valina y histidina.

Para la obtención de proteínas existen dos fuentes y son las siguientes: las de origen vegetal y las de origen animal. Las materias primas ricas en aminoácidos que aportan proteínas de origen animal son las harinas de pescado, y de sangre principalmente. Estas contienen todos los aminoácidos. Las proteínas de origen vegetal se obtienen del maíz, polvillo de arroz, torta de soya, torta de algodón, etc. La cantidad de cada materia prima que se usa en la dieta depende no solamente de su contenido nutricional de proteína y aminoácidos sino también de su digestibilidad, toxicidad y costos. Estos insumos son por lo general deficientes en aminoácidos de metionina y lisina. Los requerimientos nutricionales como proteína para algunas especies ya están determinados. Para la especie Paco se recomienda niveles de proteína entre el 18% y 40%, de acuerdo con la etapa de desarrollo de vida del animal; así para alevines se requiere un alto porcentaje de proteína. Esto se da relación con el nivel de productividad del estanque, ya que el Paco tiene la capacidad de metabolizar y retener el plancton.

El paco tiene elevados requerimientos nutricionales de proteína esto se atribuyen a sus hábitos alimenticios omnívoros/carnívoros y al uso preferencial de la proteína dietética sobre los carbohidratos como fuente energética.(FAO 2000). Esta característica principal hace que la proteína sea la fuente mayor costo de energía en las raciones respecto a los carbohidratos, no obstante, es la principal fuente de aminoácidos.(FAO 2000).

Con respecto al requerimiento nutricional de aminoácidos varía acuerdo a cada especie, siendo sugerida como solución satisfacer los requerimientos

máximos observados de proteína, a pesar de que se pueda elevar los costos de alimentación. Se recomiendan dietas que incluyan a los 10 aminoácidos considerados como esenciales para los peces (Lisina, Valina, Fenilalanina, Isoleucina, Arginina, Triptófano, Treonina, Histidina, Metionina, y Leucina)(Hevia 2011).

c) Funciones de algunos aminoácidos esenciales:

- ✓ **Treonina.** - Junto con la Metionina y el ácido Aspártico ayuda al hígado en sus funciones generales de desintoxicación.
- ✓ **Metionina.** - Colabora en la síntesis de proteínas y constituye la principal limitante en las proteínas de la dieta. El aminoácido limitante determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.
- ✓ **Triptófano.** - Está implicado en el crecimiento y en la producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas de secreción adrenal. También interviene en la síntesis de la serotonina, neuro hormona involucrada en la relajación y el sueño.
- ✓ **Lisina.** - Es uno de los más importantes aminoácidos porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas (Velazquez 2014).

d) Digestibilidad de nutrientes

Se conoce la digestibilidad (degradación de los alimentos en el tracto digestivo a sustancias simples que pueden ser absorbidas por el cuerpo) por ejemplo en gamitana, de insumos como el maíz, polvillo de arroz y harina de pescado, como se observa en la tabla siguiente:

Tabla 3: Digestibilidad de nutrientes

INGREDIENTE	PROTEINA %	CARBOHIDRATOS %	GRASA %	ENERGIA %
Maíz	59,75	62,2	75,5	28,5
Polvillo de arroz	72,1	60	95,3	57
Harina de pescado	88,6	0	96,8	84

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (2013)

2.2.4 Producción piscícola de Paco (*Piaractus brachypomus*), en la Región De Madre De Dios.

En la última década el desembarque pesquero, específicamente del Paco (*Piaractus brachypomus*), en la Tabla 4 se expresa que viene experimentando un declive en la extracción del medio natural; sin embargo, la producción piscícola de la especie paco en cuestión muestra una tendencia de alto rendimiento e incremento considerable, suministrando una mayor oferta al mercado local y regional de Madre de Dios, tal como se expresa en la Tabla 5. y es de gran interés por parte de la población para desarrollar esta actividad se manifiesta en los 263 piscicultores trabajando en 104,36 ha aproximadamente de espejo de agua, reportado por la oficina de la Dirección Regional de la Producción de Madre de Dios hasta el 2014.

Tabla 4: 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	9,01	6,37	8,632	4,584	1,967

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

Tabla 5: 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	78,21	201,886	297,99	288,234

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

2.3 Definición de términos

Metionina. - Es uno de los aminoácidos ("eslabones" de las cadenas de proteínas) esenciales, lo que significa que no se puede sintetizar en el organismo y debe obtenerse a través de la dieta

Treonina. - Es uno de los aminoácidos esenciales que requiere el cuerpo para la desintoxicación del hígado entre otras funciones vitales. Es un

aminoácido polar, no cargado a pH neutro. Su símbolo es T en código de una letra y Thr en código de tres letras.

Lisina. - Es un aminoácido esencial y necesario para la síntesis de proteína, así como para el metabolismo de los carbohidratos y los ácidos grasos.

Triptófano. - Es un aminoácido aromático neutro, al igual que la tirosina y la fenilalanina. Su símbolo es W en código de una letra y Trp en código de tres letras. Es un aminoácido no polar. Es precursor del neurotransmisor serotonina, de la melatonina y de la vitamina B₃ o niacina.

Digestibilidad. - La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con la que ocurre proceso de absorción de nutrientes se produce principalmente y con una extraordinaria eficacia por el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición.

Alevines. - Plural de Alevín, estado larval de peces desde la eclosión hasta el final de la dependencia del vitelo como fuente de nutrición. A menudo este término está restringido a salmónidos y peces afines, antes que dejen el sustrato de incubación (grava de desove) de las ovas, para iniciar libremente la natación.

Peso corporal. - El indicador global de la masa corporal más fácil de obtener y de reproducir. Por esta razón se utiliza como referencia para establecer el estado nutricional de un individuo, siempre y cuando se relacione con otros parámetros como: sexo, edad, talla y contextura física.

Tasa de crecimiento. - La tasa de crecimiento es la tasa a la que está aumentando (o disminuyendo) una población durante un año determinado a causa de aumentos naturales y migración neta, que se expresa como un porcentaje de la población base.

Energía digestible. - Energía en los alimentos o los piensos que está disponible para los seres humanos o animales mediante la digestión, y se mide como la diferencia entre el contenido de energía bruta y la energía perdida en las heces.

Índices hematológicos. - Son los parámetros que relacionan el índice hematocrito, la hemoglobina y el número de hematíes o glóbulos rojos.

Reproducción inducida. - Es todo aquel método de reproducción asistida que consiste en el depósito de espermatozoides en la hembra mediante instrumental especializado y utilizando técnicas que reemplazan a la copulación, implantándolos en el útero, en el cérvix o en las trompas de Falopio, con el fin de lograr la gestación.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1 Tipo de estudio

El estudio corresponde a una investigación experimental, ya que la obtención y recolección de los datos se realizó mediante el proceso 05 muestreos biométricos y zootécnicos a cada una de las unidades experimentales evaluadas durante la investigación

3.2 Diseño del estudio

Para la presente investigación el diseño experimental adoptado fue el DCA (Diseño completamente al azar), asignando cuatro unidades experimentales por cada tratamientos (T1, T2, T3 y TT) aleatoriamente con sus respectivas repeticiones, con la única restricción de 20 muestras por cada unidad experimental que se tomaron en cada tratamiento, los mismos que correspondieron a 320 peces en total.

Tabla 6: Diseño de investigación de cuatro tratamientos de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) con la inclusión de cuatro aminoácidos

Parámetros	Tratamientos			
	T1	T2	T3	TT
– Densidad 1 alevín/1,92 L	20	20	20	20
– Racionamiento	12%	12%	12%	12%
– Número de raciones/día	3	3	3	3
– Porcentaje de aminoácidos enriquecidos.	0,5	1	1,5	TT

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.3 Población y muestra

a) Población.

Para la presente investigación se utilizará 16 acuarios de 45 cm de largo, 30 cm de ancho y 32,5 de alto con una muestra total de 320 alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) distribuidos en cada acuario con 20 peces alevines

de Paco (*Piaractus brachypomus*) que representan a las unidades experimentales, con entrada y salida de agua constante con un sistema cerrado de agua utilizando una bomba sumergible de 600 l/h los acuarios tendrán un recambio del 50% del agua cada 48 horas equivalentes a 2 días. Del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP) se obtuvo los especímenes que fue materia de investigación, sede Madre de Dios, las cuales fueron reproducidos artificialmente por inducción en el laboratorio de Reproducción del Instituto mencionado.

b) Muestra.

Para efectos de recolección de información del presente trabajo de investigación, se tomó como muestra 20 especímenes alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) en los muestreos biométricos y zootécnicos por cada unidad experimenta (16 acuarios en total), que representa el total de 100 % de la población

La presente tesis es experimental por consiguiente las muestras son no probabilísticas.

3.4 Métodos y técnicas

3.4.1 Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizará en las instalaciones del centro de investigación del **Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP-MDD)**, ubicado en la Región de Madre de Dios, Provincia y Distrito de Tambopata, localizado en el Km 20, UTM 465116 8601451 de la carretera Interoceánica Puerto Maldonado – Cusco, Sector Castañal. El área de estudio actualmente dispone de condiciones favorables para realizar investigaciones en el tema acuícola ya que la institución cuenta con la infraestructura implementada para realizar estudios de investigación en temas acuícolas, agroforestales, de modo similar, la institución cuenta con laboratorios y planta procesadora de alimentos balanceados para peces y otros animales.

3.4.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Hernández afirma que toda investigación cuantitativa requiere de recursos confiables, válidos y objetivos para registrar información sobre las variables de interés experimental. Para la toma y asentamiento de los datos, se

diseñaron planillas de control, en las cuales se apuntaron los valores correspondientes a cada ítem considerado en el ensayo; la técnica para la recolección de datos consistió en la anotación directa que arrojó el instrumento de medición, así como el resultado obtenido con respecto a la variable respuesta en estudio, Hernández et al., (2010)

3.4.3 Instrumentos de recolección de datos

Todo el marco metodológico aquí descrito, contó con fundamentos teóricos estándares, respaldados por investigadores piscícolas a través de sus publicaciones científicas. El manejo instrumental de cada recurso durante la experimentación, se realizó según lo establecido en los protocolos técnicos seleccionados para estudios de esta naturaleza, por lo que la validez y confianza tanto de los instrumentos como las técnicas empleados gozaron de representatividad.

3.4.4 Tiempo de duración de la ejecución experimental.

El tiempo de acondicionamiento de los acuarios y el ensamblado de estos fue un mes con 10 días, el periodo de adquisición de insumos y aditivos más el proceso de elaboración de las dietas experimentales fueron 25 días, y el periodo de climatización y evaluación experimental suministrando las dietas suplementadas de aminoácidos a los alevines juveniles fueron 45 días, sumando 120 días totales para la ejecución de la parte experimental de la investigación.

3.5 Tratamiento de los datos

3.5.1 Tratamientos.

El trabajo de investigación evaluó tres dietas suplementadas extruidas con diferentes porcentajes de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial testigo extruida (PURITILAPIA 40%). Las cuatro dietas balanceadas extruidas fueron distribuidas en cuatro tratamientos (T1, T2, T3, TT), y cada tratamiento con sus respectivas 4 repeticiones, quedando los tratamientos como se detalla a continuación:

Tabla 7: Evaluación de cuatro de tratamientos, tres dietas con inclusión de aminoácidos y una dieta comercial.

Tratamientos	Aminoácidos				Purtilapia 40%
	Met	Lys	Thr	Trp	
T1	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0
T2	1%	1%	1%	1%	0
T3	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	0
TT	0	0	0	0	100%

Fuente: Elaboración propia (2017)

Leyenda:

Met: Metionina; **Lys:** Lysina; **Thr:** Treonina; **Trp:** triptófano;

Purtilapia 40%: alimento comercial

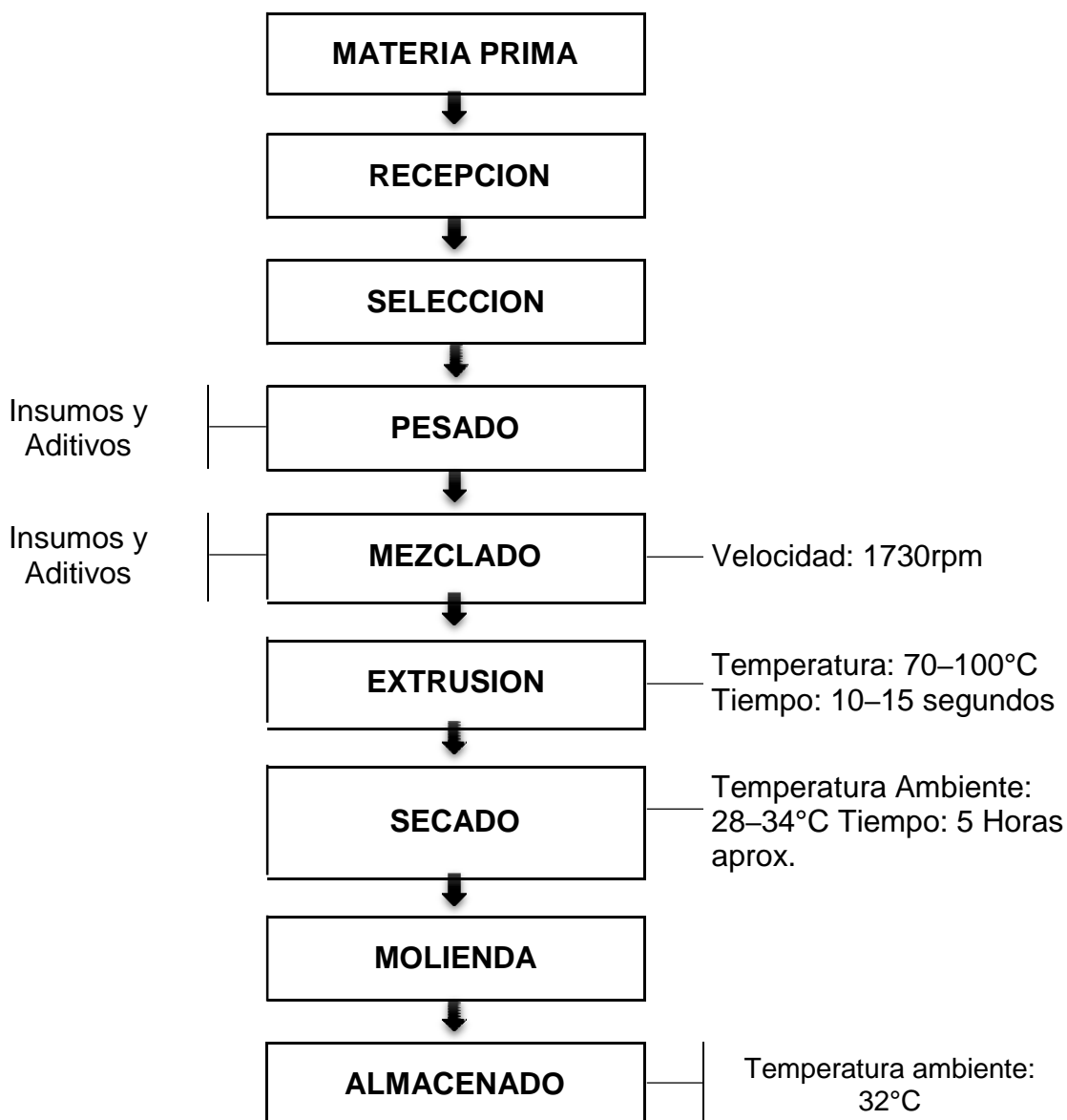
3.5.2 Elaboración de las dietas experimentales

La elaboración de las dietas experimentales de los tratamientos 1, 2 y 3; fueron procesados en la planta de alimentos del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, sede Madre de Dios (IIAP-MDD). Las dietas se elaboraron de acuerdo a la formulación y las cantidad de insumos y micro insumos señaladas por cada tratamiento que se expresan en la tabla 08, que cubrieron los requerimientos y que han sido suplementados con 4 aminoácidos para el Paco (*Piaractus brachypomus*) en la etapa alevines, durante el periodo de evaluación de la investigación (45 días de cultivo).

3.5.3 Proceso de elaboración de las dietas experimentales.

En la elaboración de las dietas experimentales formuladas para los tratamientos (T1, T2 y T3); se procesó realizando una serie de operaciones, como se muestran en el flujograma del proceso de elaboración de las dietas experimentales en el gráfico 03.

Figura 3: Flujograma del proceso de elaboración de las Dietas Experimentales.



Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2017).

Descripción del flujograma

Materia prima: Consistió en adquirir las materias primas necesarias para la elaboración de las dietas.

Selección: consiste en la selección de las materias primas valorando características inocuidad y calidad como el buen estado de conservación.

Pesado: Se pesaron las cantidades requeridas de insumos y aditivos para la formulación de cada dieta experimental por separado para cada tratamiento

en la balanza granataria digital. Ya que tiene mayor exactitud y precisión en los pesos garantiza que los ingredientes estén en las proporciones correctas, según las formulaciones de dietas para cada tratamiento experimental.

Mezclado: consiste en la mezcla de las materias primas por separado todos los ingredientes ya pesados para cada dieta experimental (Tratamientos 1, 2 y 3), con el equipo mezclador a una velocidad de 1730rpm. Consistió en homogenizar cada uno de los ingredientes que va ser nuevo componente de cada dieta experimental. El mezclado asegura homogenizando que cada pellet contenga todas las sustancias nutritivas por igual y garantiza que el pez reciba una dieta equilibrada sugerida por el investigador (Tabla 8)

Extrusión: Consiste que el producto homogenizado por las mezclas pasa a la maquina transportadora y luego a la maquina extrusora para que se realiza el proceso de extrusión. El proceso de cocción-extrusión registra temperatura entre 10–100 °C por 10–15 segundos. El tamaño de pellet obtenido fue 5 mm de diámetro con longitud dos veces al diámetro.

Secado: Para evitar que el producto pierda sus propiedades nutricionales y calidad por exceso de humedad, se efectuó el proceso de secado por el método solar, las dietas extendieron en mantas de polietileno durante 5 horas.

Molienda: Se realizó con molino de manera mecánica para obtener el alimento de menos tamaño para que pueda ser absorbido por el pez.

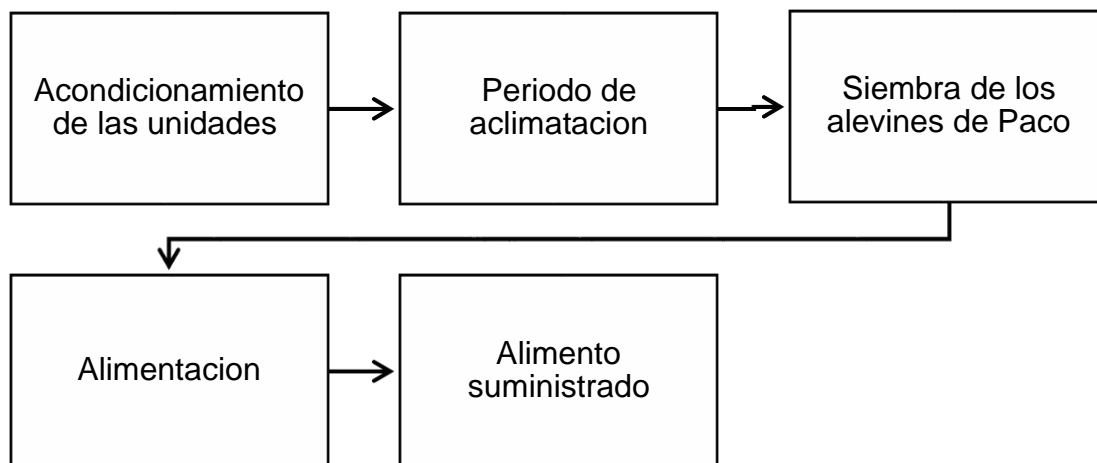
Almacenado: Las dietas experimentales (Tratamientos 1, 2 y 3) fueron almacenados por separado en baldes con tapas herméticas para protegerlos de la humedad y conservar a temperatura de ambiente, estos fueron debidamente rotulados.

3.5.4 Proceso Acondicionamiento de las unidades experimentales y alimentación.

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en unidades experimentales (acuarios) de 45 cm de largo, 30 cm de ancho y 32,5 de alto, para ello fue necesario la elaboración, que consistió básicamente en la construcción de estantes de madera para el posicionamiento de los acuarios más la elaboración del techo y el sistema de recirculación de agua con

bombas de 600 L/h de fuerza a través de tubos de PVC de 1 pulg, $\frac{3}{4}$ pulg y $\frac{1}{2}$ pulg.

Figura 4: Flujo grama del proceso de acondicionamiento y alimentación



Fuente: Elaboración propia (2018)

Descripción del flujograma.

El equipo posee 16 acuarios. Cada uno representó una unidad experimental con 20 especímenes y a cada unidad se le asignó completamente al azar un tratamiento (T1, T2, T3 y TT), y estas fueron distinguidas con sus respectivas etiquetas de identificación, como se muestra en la figura 05

Figura 5: Acuarios acondicionados para cada unidad experimental.



Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2017).

3.5.5 Período de aclimatación

Los alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) fueron recolectado de los mismos estanques del IIAP con una red y fueron transportados al laboratorio

en recipientes de 20 litros y se colocaron durante 15–20 minutos dentro de los acuarios preparados previamente para el ensayo con el objeto de aclimatar a los alevines (igualar temperatura); de esta manera se ajustaron los parámetros fisicoquímicos del agua para permitir un mínimo estrés por la transferencia, tal y como lo sugieren David y Bravo (2004).

En total 320 alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) con un peso promedio de 0,33 g y longitud de 2,82 cm, se sometieron durante dos horas a un período de aclimatación en acuarios provistos de aireación constante y temperatura aproximada de 29,37 °C.

3.5.6 Siembra de los alevines de paco (*Piaractus brachypomus*).

Para el proceso de siembra se colocaron 20 especímenes de alevines de paco; previamente seleccionados con características similares en longitud (cm), peso (g) y registrados con la finalidad de obtener información sobre su tamaño en longitud y peso promedio y sembrar la cantidad exacta de peces en cada unidad experimental.

Los unidades experimentales se sembraron con una densidad de 1 alevín/1,92 L y las unidades experimentales estaban constituidas por 20 alevines de paco *Piaractus brachypomus*, que dieron como resultado de población de 320 peces sembrados. La siembra se realizó con longitud y peso promedio inicial de 2,82 cm y 0,33 g para los cuatro tratamientos.

3.5.7 Formulación de dietas experimentales.

Para la elaboración de las tres dietas experimentales se formuló con la ayuda del software **Zootec 3,0 2005**, que está basado en la técnica de programación Lineal (PL), y permite formular raciones a mínimo costo. De tal forma que se fijaron los niveles para la inclusión de aminoácidos para cada tratamiento obteniendo 0,5% para el T1; 1,0% para el T2 y 1,5% para el T3.

Todos los demás ingredientes como macro insumos están compuestos por; harina de soya, harina de maíz amarillo y harina de pescados empleados en la elaboración de las dietas experimentales tuvieron niveles fijos para todos los tratamientos experimentales con el propósito de nivelar e igualar las dietas isoproteicas e isoenergéticas y de este modo tener las dietas experimentales poseen los mismos componentes e igual composición proteica en los tratamientos 1, 2 y 3. En cuanto a micro insumos, estos componentes no tuvieron

restricciones, correspondiéndoles niveles variables recomendados con valores desiguales óptimos para cada dieta experimental de los tratamientos 1, 2 y 3.

Tabla 8: Composición porcentual de los ingredientes macro insumos y micro insumos de las dietas experimentales formuladas para alevines de paco, en los tratamientos.

INGREDIENTES	% DE INCLUSION DE INSUMOS Y ADITIVOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES		
	T1	T2	T3
Harina de maíz	40	40	40
Harina de pescado prime 65%	60	60	60
sal común	0,3	0,3	0,3
Carbonato de calcio	1,3	1,3	1,3
Fosfato de dicalcico	1,3	1	1,5
DL-Metionina 99%	0,5	1	1,5
L-Lisina HCL 78%	0,5	1	1,5
Treonina	0,5	1	1,5
Triptófano	0,5	1	1,5
Premezcla Vit/Min Aves	0,5	0,5	0,5
Cloruro de colina	0,5	0,5	0,5
Bicarbonato de sodio	0,5	0,5	0,5
Aflaban	0,2	0,2	0,2
Fungiban	0,2	0,2	0,2
Aceite de soya	3	3	3
Total	100%	100%	100%

NUTRIENTES	% NUTRIENTES EN LAS DIETAS ESPERIMENTALES		
	T1	T2	T3
Materia seca, %	99,89	101,86	103,83
EM Cerdos, Mcal/kg	3,04	3,04	3,04
Proteína cruda,%	41,08	42,62	44,17
Fibra Cruda, %	1,48	1,48	1,48
Ext. Etereo, %	9,89	9,89	9,89
Calcio, %	3,14	3,14	3,14
Fost. Disp, %	1,71	1,71	1,71
Sodio, %	0,79	0,79	0,79
Arginina, %	2,19	2,19	2,19
Lisina, %	3,43	3,82	4,21
Metionina, %	1,72	2,21	2,71
Met+Cis %	2,14	2,63	3,13
Treonina %	1,78	1,78	1,78
Triptofano %	0,49	0,49	0,49
PRECIO \$/KL	2,87	3,76	4,65

Fuente: Elaboración propia (2017).

La elaboración de las tres dietas experimentales para sus respectivos 3 tratamientos que se mencionan en la tabla 8, la formulación se ha realizado de acuerdo con los requerimiento nutricional proteicos y energéticos requeridos por el Paco (*Piaractus brachypomus*) en la etapa de alevines y con el uso del Software Zootec 3,0 2005. Por otro lado, es preciso reiterar y como sea mostrado primeramente, que la dieta real del tratamiento 4 fue un alimento comercial extruido, ya formulada por la empresa proveedora, y su composición bromatológica se detalla siguiente (tabla 09).

Tabla 9: Composición bromatológica de Puritilapia 40 Alimento comercial

COMPOSICION PURITILAPIA 40(2mm)	
Proteína % min	40
Grasa % min	8
Fibra % máx.	7
Humedad % máx.	14
Ceniza % máx.	10

Fuente: Ficha técnica Puritilapia 40, Agribands Purina Petcare Company S.A.

3.5.8 Alimentación.

El alimento suministrado se raciono en tres raciones para la alimentación diaria, la primera se daba entre 8:00 y las 9:00 horas, la segunda entre el medio día y las 13:00 horas y la tercera por la tarde entre las 15:00 y 16:00 horas, el abastecimiento diario del alimento realizo en forma manual; agregando sobre la superficie de cada unidad experimental. La alimentación se inició con una tasa de 0,06 % de la masa de cada unidad experimental y a medida que se realizaron los muestreos biométricos según lo programado, los niveles de tasa de alimentación se ajustaron; a consecuencia del incremento de la biomasa y crecimiento de los peces (ver tabla 10)

Tabla 10: Programa de alimentación por raciones Gamitanas - Paco

PESOS PROMEDIOS(g)	TASA DE ALIMENTACION %	ETAPA	FRECUENCIA
5 a 50	8	INICIO	4 a 6
50 a 100	5	CRECIMIENTO	2 a 3
100 a 150	4,5		
150 a 250	4		
250 a 350	3,5		
350 a 550	3		
550 a 1000	2,5	ENGORDE	1 a 2
1000 a 1500	2,5		
1500 a 2000	2		

Fuente: Aquatech, (2016).

La cantidad del alimento balanceado se suministró diariamente y durante todo el periodo de evaluación experimental se determinó de acuerdo a la biomasa obtenida con la siguiente formula

Biomasa.

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

$$Biomasa = \text{Peso promedio} \times \text{Número total de peces}$$

Ración diaria (RD).

Es la cantidad de alimento (en Kilogramos o gramos) a suministrar por día.

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

Se determina mediante la fórmula:

Alimento suministrado en el periodo (AS).

Es la cantidad del consumo de alimento diario (en Kilogramos o gramos) suministrado durante el periodo de experimentación. Definida como la relación diaria multiplicada por el total de días de consumo de alimento, así:

$$AS = RD \times \text{Número total de días de consumo}$$

Después de determinar el consumo de alimento suministrado en el periodo para los alevines de paco para cada unidad experimental, éstas se llevaron

para el pesado utilizando la balanza granataria digital en un vaso de precipitado, como se observa en la figura 6.

Figura 6: Pesado de alevines Paco en vaso de precipitado.



Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, (2017).

3.5.9 Muestreos biométricos.

Los muestreos biométricos de las unidades experimentales se realizaron cada 10 días y ultimo muestreo fue de 15 días para todos los tratamientos (T1, T2, T3 y TT), con el fin de determinar el crecimiento en longitud total (cm) y peso total (g), reajustar la ración de alimento de acuerdo a la tasa propuesta para suministrarla y conocer el estado de salubridad de los alevines de paco, dejando de suministrar el alimento un día antes del muestreo y seguidamente continuando con la alimentación normal el mismo día, después de realizar muestreo biométrico. Y luego continuar con el muestreo de los parámetros zootécnicos.

Las evaluaciones biométricas de unidades experimentales se iniciaron el mismo día que se realizó la siembra, registrando los parámetros de crecimiento en longitud total (cm), peso total (g), en cada una de las unidades experimentales estudiadas.

Para recolección de muestras se capturaron Alevines utilizando una red para aislar los peces en recipientes de 15 cm² (L x A), luego se seleccionó 320 peces paco (muestra) con las mismas características físicas y fueron puestos en recipientes de plástico de 18 L con agua, seguidamente se inició a medir

los para metros biométricos longitud (cm) utilizando un ictiómetro de 60 cm y peso (g) con una balanza granataria digital y registraron todos datos. Luego los peces evaluados como ejemplares recibieron un baño profiláctico en una solución salmuera (20 g de cloruro de sodio/litro de agua) por lapso de 5 minutos aproximadamente, como medida preventiva de ataque por patógenos por el daño o lesión que pudo provocarse al momento de manipuleo, y finalmente se les destinaron a sus respectivas unidades experimentales.

3.5.10 Índices de crecimiento y zootécnicos.

Para medir la productividad de peces existen diferentes indicadores que van midiendo conforme van desarrollando, y que se constituyen en los indicadores técnicos (parámetros biométricos) para medir el desempeño productivo, permitiendo monitorear y registrando los datos de la evaluación del manejo que se ejecuta en cada producción determinada (M. Sánchez 2013). Los índices de crecimiento y zootécnicos descritos se evaluaron por Castell y Tiews (1980), para conocer los parámetros biométricos de crecimiento en longitud y peso de los peces, el estado de salubridad y el aprovechamiento del alimento suministrado. Se estudiaron y monitorearon, los siguientes índices de crecimiento e índices zootécnicos:

a) Índices de crecimiento.

- **Ganancia de peso total (GP).**

Se determinó restando los datos de peso promedio final menos el peso promedio inicial.

$$GP = \text{Peso promedio final} - \text{Peso promedio inicial}$$

- **Longitud de ganancia (LG).**

Se determinó restando los datos registrados de longitud promedio final menos longitud promedio inicial.

$$LG = \text{Longitud promedio final} - \text{Longitud promedio inicial}$$

- **Biomasa ganada (BG).**

Se determinó restando los datos de la biomasa promedio final menos la biomasa promedio inicial.

Factor de condición corporal (K).

El factor de condición corporal estima la aproximación de la contextura de los peces, describiendo la relación entre la longitud y peso del pez, por lo que estos parámetros se relacionan directamente con la alimentación suministrada. Entre mayor sea el valor de K, los peces se encontraran en mejores condiciones fisiológicas. Es expresado por la siguiente formula:

$$K = \frac{W^{0.333}}{(L^{3.0})}$$

Eficiencia del alimento (EA).

Es la eficiencia del alimento suele ser expresado ganancia de peso entre la cantidad de alimento suministrado. Este indicador se determina con la formula siguiente:

$$EA = \frac{W_{final} - W_{inicial}}{A_{suministrado}}$$

Supervivencia (S).

Se obtuvo dividiendo el número de peces cosechado entre el número de peces sembrado y finalmente multiplicado por cien y se expresa por siguiente formula:

$$S = \frac{N_{cosechado}}{N_{sembrado}} \times 100$$

3.5.11 Parámetros fisicoquímicos del agua.

Los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua que se monitorearon estuvieron en base a la importancia de calidad agua que se requiere para el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) con el fin de instituir la incidencia de dichos parámetros con relación al desarrollo de los peces.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua se realizaba en horas de la mañana (08:00 am.- 09:00 am.) y se registraban en una libreta una vez al día por cada semana, en una zona estratégico dentro del área de las

unidades experimentales, con la finalidad de obtener resultados homogéneos en el muestreo. Determinándose:

a) Parámetro físico.

Temperatura (°C): se determinó con el instrumento medidor de temperatura multiparámetro YSI 556 MPS con características (rango: -5 a 45 °C, precisión: 0,15 °C y resolución: 0,1 °C).

b) Parámetros químicos.

Oxígeno disuelto (mg/L): Se determinó con el instrumento medidor multiparámetro YSI 556 MPS con características (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).

pH: Se determinó con el instrumento medidor multiparámetro YSI 556 MPS con las características (Rango: 0 a 14 unidades y precisión $\pm 0,2$ unidades).

Alcalinidad (ppm CaCO₃): Es capacidad ácido neutralizante de una solución y se determinó utilizando el kit de agua Lamotte con características (Alcance: 0-200 ppm como CaCO₃ y sensibilidad: 4,0 ppm).

Dureza (ppm CaCO₃): La dureza del suele ser agua es concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua y se determinó utilizando el kit de agua Lamotte con características (Alcance: 0-200 ppm como CaCO₃ y sensibilidad: 4,0 ppm).

3.5.12 Análisis de datos.

Para el análisis de datos de los muestreos biométricos como: longitud (cm) y peso (g) estos parámetros fueron procesados en el software estadístico SPSS 20 (Statistical Package for Social Sciences, USA). Y se analizó estadísticamente comparando las medias por el análisis de varianza (ANOVA) de un factor a nivel de 5% de probabilidad de acuerdo con Banzatto y Kronka (1989). Para la existencia de diferencia significativa en el ANOVA se aplicó la prueba de comparación de promedios (Prueba de Tukey) a nivel de

CAPITULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACION

4.1 Resultados

4.1.1 Índices de crecimiento.

Crecimiento en peso y longitud de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*)

Los valores biométricos iniciales y finales se incrementan en el tiempo en todos los tratamientos, siendo este incremento significativamente diferente a partir de los 10 días (Tabla 11), los mayores valores de peso promedio ($p < 0,05$) de Paco (*Piaractus brachypomus*), fueron obtenidos de la dieta que contiene 1,5% de aminoácidos enriquecido. No se observan diferencias significativas en la longitud y peso entre los tratamientos que contienen aminoácidos comerciales en el primer muestreo, pero si estas, con las del grupo control.

En este estudio, el peso promedio incrementa a partir del décimo día inferior al reportado por Ortiz y col (2007), los cuales bajo un mismo sistema siembra y comparando dietas diferentes en la misma especie lograron el incremento de peso al cuarto día, es necesario destacar que la densidad de siembra de estos investigadores fue de cinco individuos por acuario, mientras que en el presente estudio fue de 20.

Tabla 11: Pesos y longitud promedio de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dietas de tres niveles de inclusión de aminoácidos, Del inicio (0 días) y el final (45 días) del experimento

Trata- mientos	Variables	Tiempo (días)				
		0	10	20	30	45
T1	Peso (g)	0,333	0,554	0,899	1,363	1,82
		± 0,017	± 0,032	± 0,041	± 0,068	± 0,067
	Longitud (cm)	2,818	3,26	3,805	4,339	4,806
		± 0,019	± 0,077	± 0,062	± 0,066	± 0,069
T2	Peso (g)	0,345	0,546	0,933	1,45	1,978
		± 0,037	± 0,068	± 0,099	± 0,045	± 0,065
	Longitud (cm)	2,83	3,228	3,828	4,458	4,888
		± 0,027	± 0,076	± 0,123	± 0,064	± 0,068
T3	Peso (g)	0,399	0,534	0,932	1,456	2,076
		± 0,128	± 0,11	± 0,113	± 0,142	± 0,327
	Longitud (cm)	2,809	3,224	3,811	4,444	5,023
		± 0,025	± 0,162	± 0,169	± 0,176	± 0,267
T4	Peso (g)	0,319	0,64	1,375	2,324	4,56
		± 0,009	± 0,05	± 0,115	± 0,143	± 0,24
	Longitud (cm)	2,817	3,409	4,376	5,24	6,381
		± 0,029	± 0,116	± 0,095	± 0,108	± 0,213

Fuente: Elaboración propia (2017).

T1: 0,5% de aminoácidos; T2: 1% de aminoácidos; T3: 1,5% de aminoácidos.

TT: sin inclusión de aminoácidos (dieta comercial)

✓ Crecimiento en peso.

En la Tabla N°11, se reportan los valores del peso total (g) promedio y desviación estándar de los tratamientos T1, T2, T3 y TT, durante los 45 días de la fase experimental. Los datos que se registraron valieron para realizar el análisis de varianza (ANOVA) inicial, lo cual demuestra que no existió diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los tratamientos, indicando la homogeneidad de los peces al iniciar el experimento. Así mismo según

el ANOVA a los 10, 20, 30 y 45 días los resultados muestran diferencias significativas positivas en el crecimiento ($P < 0,05$), determinándose que el tratamiento control (TT) con dieta comercial es superior a los tratamientos experimentales logrando mayor ganancia de peso final registrando $4,56 \pm 0,85$ g. Y también se demuestra (Tabla N°16) que en los tratamientos experimentales existe diferencias significativas entre (T1) y (T3), indicando que los alevines que consumieron las dietas formulada con tres niveles de inclusión de aminoácidos comercial el (T3) con 1,5%, lograron mayor ganancia de peso registrando $2,08 \pm 0,53$ g, que los demás tratamientos (T1) 0,5% y (T2) 1,0%.

Los resultados obtenidos de peso promedio final coinciden con recomendaciones para la reversión sexual de alevines de tilapia (Popma and Green 1990). Los pesos promedio finales de los alevines en este estudio fueron mayores a los reportados por Hurtado Chamorro (2002) y a los de Molina Toro (2002).

Tabla 12: Valores medios del peso (g) (promedio \pm desviación estándar) de alevines de Paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dieta conteniendo tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial. Del inicio (0 días) y el final (40 días) del experimento

Periodo de cultivo (días)	TRATAMIENTOS				p<0,05
	T1	T2	T3	TT	
0	0,33 \pm 0,08	0,35 \pm 0,08	0,27 \pm 1,03	0,32 \pm 0,074	0,81
10	0,55 \pm 0,16	0,54 \pm 0,18	0,54 \pm 0,19	0,64 \pm 0,15	0,0012
20	0,89 \pm 0,18	0,93 \pm 0,21	0,93 \pm 0,19	1,37 \pm 0,26	0,0001
30	1,36 \pm 0,28	1,44 \pm 0,27	1,46 \pm 0,31	2,32 \pm 0,40	0,001
45	1,82 \pm 0,39	1,97 \pm 0,41	2,08 \pm 0,53	4,56 \pm 0,85	0,0001

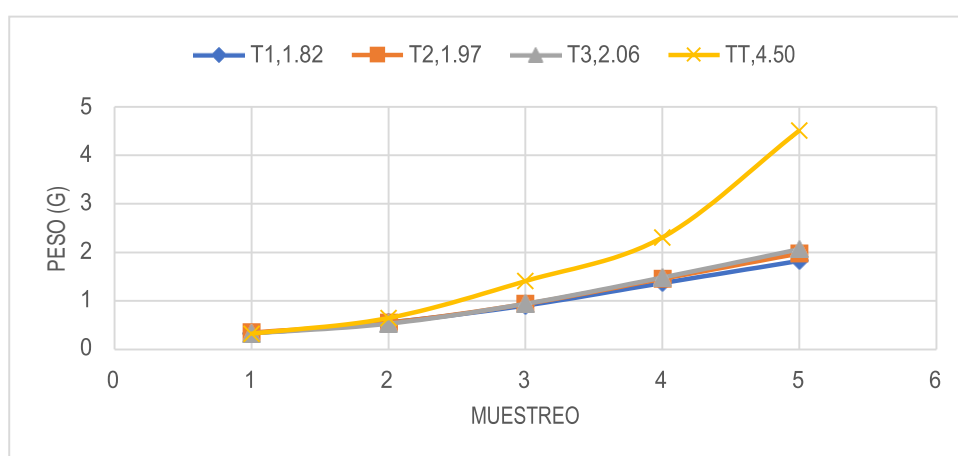
Fuente: Elaboración propia (2017).

Leyenda: P: valor de probabilidad.

En la Gráfico 06, se muestra la evolución del peso total (g) de los peces sometido a la alimentación de dietas con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial durante los 45 días, cultivados en acuarios donde el alimento con dieta testigo reflejó una mayor ganancia de peso a partir de los 10 días, logrando a los 45 días un peso final de $4,56 \pm 0,85$ g. Pero entre las dietas experimentales los del tratamiento con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos de 1,5% (T3), consiguieron aparente ventaja de ganancia de peso, en comparación al resto de las dietas experimentales con dosis de 0,5%(T1) y 1,0%(T2) de tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos.

Estos resultados contrastan con los trabajos reportados por David et al (2010) en *Piaractus brachypomus*, Kohler y Camargo (2004) en *Colossoma macropomum*, Atencio (2001) en *Brycon siebenthalae*, Acosta et al (2010) en *Brycon melanopterus*, Atencio et al (2006) en *Prochilodus magdalenae*, Merlano et al (2010) en *Leiarius marmoratus* y Jomoria et al (2003) y Menossi et al (2012) en *Piaractus mesopotamicus*, quienes encuentran que los nauplios de artemia salina, empleados como primera alimentación presentan los mejores resultados con diferencias estadísticas significativas, respecto al uso de otros alimentos (alimento concentrado y espirulina) sobre el peso (mg) y la talla (mm).

Figura 7: Evolución del peso total (g) de los peces sometido a la alimentación de dietas con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial en 45 días



Fuente: Elaboración propia (2018)

Leyenda: G (peso), T (tratamientos) MUESTREO (periodo de 10 días)

✓ **Crecimiento en longitud**

En la Tabla N°13 se reportan los valores biométricos de longitud total (cm) promedio y desviación estándar de los tratamientos T1, T2, T3 y TT, durante los 45 días de la fase experimental. Los datos biométricos que se registraron valieron para realizar el análisis de varianza (ANOVA) inicial, lo cual demuestra que no existió diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los tratamientos, indicando la homogeneidad de los peces al iniciar el experimento. Así mismo según el ANOVA a los 10, 20, 30 y 45 días los resultados muestran diferencias significativas positivas en el crecimiento ($P < 0,05$), determinándose que el tratamiento control (TT) con dieta comercial es superior a los tratamientos experimentales logrando mayor ganancia de crecimiento final registrando $6,32 \pm 0,42$ cm. Y también se demuestra (Tabla N°16) que en los tratamientos experimentales existe diferencias significativas entre (T1) y (T3), los peces que consumieron la dieta con inclusión de Aminoácidos de 1,5% (T3), lograron mayor crecimiento en longitud, registrando $5,02 \pm 0,46$ cm, que los demás tratamientos de la dieta con inclusión de Aminoácidos 0,5% (T1) y 1.0% (T2).

Los resultados obtenidos concuerdan con los trabajos desarrollados por Tesser et al (2006), Evangelista et al (2005) y Acosta et al (2010). Se ha determinado que el bajo aprovechamiento de dietas inertes como primera fuente de alimentación en postlarvas de peces, puede estar directamente relacionado con su capacidad digestiva, por presentar un sistema digestivo aun indiferenciado, con ausencia de algunas enzimas digestivas (Hachero-Cruzado et al, 2009). En general, los principales problemas en el desarrollo de dietas artificiales han sido la pobre ingestión, digestión, absorción y asimilación, dificultades para proveer los nutrientes en forma asimilable, la inclusión de niveles inadecuados de ciertos nutrientes esenciales que aún se desconocen (Kubitza, 1998; Rønnestad et al., 1999), el efecto de los factores anti nutricionales aportados por los insumos utilizados para la formulación de raciones (Lazo, 2000), el tamaño de la partícula de alimento, la textura y palatabilidad de la ración ofrecida, el método de administración del alimento, el comportamiento de

la larva frente a un alimento inerte (Covaleda y González, 2005; Sipaúba et al., 2003).

Tabla 13: Valores medios de longitud total (cm) (promedio \pm desviación estándar) de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dieta conteniendo tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial durante 45 días.

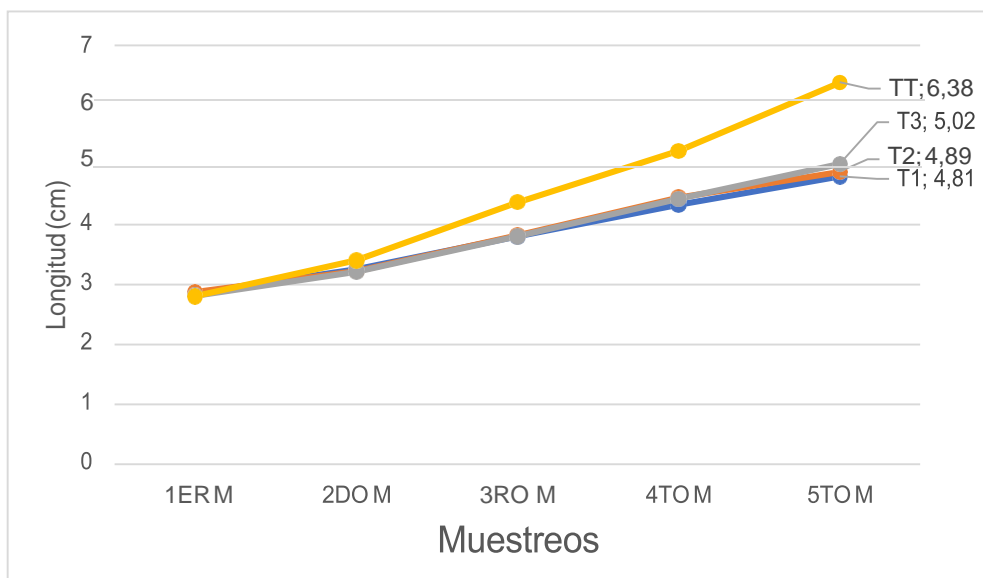
Periodo de cultivo (días)	LONGITUD				-p<0,05
	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	TT	
0	2,85 \pm 0,12	2,87 \pm 0,11	2,80 \pm 0,10	2,80 \pm 0,11	0,241
10	3,26 \pm 0,25	3,23 \pm 0,21	3,22 \pm 0,23	3,41 \pm 0,19	0,00056
20	3,80 \pm 0,19	3,83 \pm 0,26	3,81 \pm 0,26	4,38 \pm 0,23	0,00089
30	4,34 \pm 0,28	4,46 \pm 0,28	4,44 \pm 0,31	5,24 \pm 0,28	0,00011
45	4,81 \pm 0,32	4,89 \pm 0,35	5,02 \pm 0,46	6,32 \pm 0,42	0,0001

Fuente: Elaboración propia (2017).

En la figura 7 se muestra la evolución del crecimiento de la longitud total (cm) de los peces sometido a tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos y una dieta comercial, donde el alimento con dieta comercial reflejó un mayor crecimiento a partir de los 10 días, logrando a los 45 días una longitud total de 6,32 \pm 0,42 cm. Pero entre las dietas experimentales los del tratamiento con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos 1,5% (T3), consiguieron aparente ventaja de crecimiento, en comparación al resto de las dietas experimentales con dosis de 0,5%(T1) y 1,0%(T2) de los cuatro aminoácidos.

Luna &Hernández (1988) alimentaron a la gamitana con pellets a base de dieta de maíz al 9% de proteína bruta, obteniendo una desviación estándar de 2,23:1, diferente a nuestro resultado obtenido en el tratamiento 3 que fue de 5,02 \pm 0,46, siendo menos eficiente los otros tratamientos.

Figura 8: Curva de crecimiento en longitud total (cm) de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*) con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos cultivados en acuarios, durante 45 días.



Fuente: Elaboración propia (2018)

4.2 Índices Zootécnicos.

En la Tabla 14, se muestra los valores promedios \pm desviación estándar de los índices zootécnicos obtenidos al finalizar el experimento con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos. A su vez se muestra los resultados de análisis de varianza encontrando diferencia significativa ($P < 0,05$), en ganancia de longitud ($P = 0,001$), ganancia de peso ($P < 0,001$), ganancia de peso diario ($P < 0,001$), biomasa ganada ($P < 0,001$), índice de conversión alimenticia ($P < 0,001$) y tasa de crecimiento específico ($P < 0,001$) siendo el tratamiento con la dosis de 1,5 % el mejor. Finalmente, no se encontró diferencia significativa ($P > 0,05$): en el índice coeficiente de variación del peso ($P = 0,643$), factor de condición ($P = 0,091$) y sobrevivencia ($P = 0,122$) siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales.

Tabla 14: Valores promedios \pm desviación estándar de los índices zootécnicos de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*) con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos.

INDICES	TRATAMIENTOS				P<0,05
	T1 (0.5%)	T2 (1.0%)	T3 (1.5%)	TT (DC)	
GL	1,99 \pm 0,04	2,06 \pm 0,10	2,21 \pm 0,23	3,52 \pm 0,21	0,000
GP	1,49 \pm 0,02	1,63 \pm 0,04	1,75 \pm 0,32	4,24 \pm 0,23	0,000
GPD	0,03 \pm 0,00	0,04 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0,000
BG	0,02 \pm 0,00	0,39 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,000
ICAA	79,38 \pm 2,60	65,64 \pm 7,07	62,93 \pm 10,48	44,09 \pm 6,33	0,000
CVP	0,21 \pm 0,06	0,20 \pm 0,05	0,22 \pm 0,03	0,18 \pm 0,03	0,643
TCE	3,78 \pm 0,07	3,89 \pm 0,19	4,06 \pm 0,34	5,91 \pm 0,05	0,000
K	1,64 \pm 0,08	1,69 \pm 0,06	1,63 \pm 0,06	1,76 \pm 0,09	0,091
S	90,00 \pm 4,08	90,00 \pm 4,08	96,25 \pm 4,79	95,00 \pm 4,08	0,122

Fuente: Elaboración propia (2017).

Leyenda: P: valor de probabilidad, T: tratamiento, GL: ganancia de longitud, GP: ganancia de peso, GPD: Ganancia de Peso Diario, BG: Biomasa ganada, ICAA: índice de conversión alimenticia aparente, CVP: Coeficiente de Variación de Peso, TCE: tasa de crecimiento específico, K: factor de condición y S %: sobrevivencia. Valores promedio de la misma columna que comparten la misma letra no muestran diferencia significativa ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey. $n=10$.

✓ **Ganancia de longitud (GL):**

En la Tabla 14 y en la figura 7, se observa que los peces del tratamiento control (TT), lograron mayor ganancia de longitud, con $3,52 \pm 0,21$ cm. Y también se demuestra (Tabla N°17) que en los tratamientos experimentales existe diferencias significativas entre (T2) y (T3), y entre los tratamientos experimentales, los peces que consumieron la dieta con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos 1,5% (T3) lograron mayor ganancia, con $2,21 \pm 0,23$ cm que los que consumieron las dietas (T1)

0,5% y (T2) 1% de tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos con una ganancia de $1,99 \pm 0,04$ y $2,06 \pm 0,10$ cm respectivamente.

Ortiz y col (2007) lograron una ganancia de longitud de 3,70 cm superior a lo reportado en esta investigación demostrando con ello la versatilidad que presenta la *P. brachypomus* para la asimilación de alimentos alternativos.

✓ **Ganancia de Peso (GP):**

En la Tabla 12 y la figura 6, se observa que los peces del tratamiento control (TT), lograron mayor ganancia de peso, con $4,24 \pm 0,23$ g. y también se demuestra (Tabla N°17) que en los tratamientos experimentales existe diferencia significativas entre (T2) y (T3), indicando que los alevines consumieron la dieta con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos 1,5% (T3) logró mayor ganancia con $1,75 \pm 0,32$ g que los que consumieron las dietas (T1) 0,5% y (T2) 1% de tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos con una ganancia de $1,49 \pm 0,02$ y $1,63 \pm 0,04$ g respectivamente.

Moreno (1994) reporta valores mayores para la Ganancia de peso con 4,50 g para la cría de Cachama. Sin embargo, Ortiz y col. (2007) realizaron el trabajo investigativo en la Hacienda Zoila Luz en Santo Domingo y reportaron valores para la Ganancia de peso iguales a los encontrados en esta investigación con el tratamiento 3. Lo que demuestra que la cachama es una especie muy dócil para el manejo y tolerable a rangos mínimos como fue en el medio de estudio.

✓ **Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA):**

La Tabla 14 muestra que entre los tratamientos T2 y T3, los porcentajes de ICAA de $65,64 \pm 7,07$ y $62,93 \pm 10,48$, respectivamente, se presenta escasa diferencia; pero estos mostraron desventaja con respecto al tratamiento T1, con ICAA de $79,38 \pm 2,60$. Y también se demuestra (Tabla N°17) que en los tratamientos experimentales existe diferencias significativas entre (T1) y (T3). Resultados semejantes reporta SATALAYA (2013), donde el tratamiento T3 que ha recibido 1,5% de dosis de aminoácidos ha presentado resultados finales de índice de conversión alimenticia aparente de $62,93 \pm 10,48$. Por otro lado, se observa resultados mejores reportados por GUTIÉRREZ (2011), que reporta valores de ICAA de 1,05 para el tratamiento T3 con 10 ml de probiótico

comercial (amino plus) /kg de alimento balanceado, durante 98 días de cultivo. Mientras que HALVER (1972), afirma que es considerablemente complejo adquirir valores iguales o menores que 1 en la conversión alimenticia, cuando se este caso se recomienda suministrar la cantidad del alimento natural que puede ser aprovechado por los peces, ya que es un mejor alimento esencialmente en la fase de alevinos y juveniles; los alimentos naturales proveen los nutrientes esenciales que necesitan para su máximo crecimiento Considerándose valores superiores obtenidos por LISCETTE & MARTÍNEZ (2007).

✓ **Coeficiente de Variación del Peso (CVP):**

La Tabla 14, muestra que los valores promedios de pesos finales del tratamiento TT con $0,18 \pm 0,03$, presentaron menor dispersión que los demás tratamientos experimentales. Pero en las dietas experimentales con tres niveles de inclusión de cuatro aminoácidos con menor dispersión fue el tratamiento T2, con $0,20 \pm 0,05$; mientras que los del tratamiento T1, con $0,21 \pm 0,06$ y T3 con $0,22 \pm 0,03$ mostraron mayor dispersión, también se demuestra (Tabla N°17) que en los tratamientos experimentales no existe diferencias significativas entre (T1), (T2), (T3) y (T4).

GUTIÉRREZ (2011), obtiene resultados de coeficiente de variación de peso de 10,34% para el T2. En tal sentido REBAZA et al. (2002), indican que los coeficientes de variación que estén por debajo del 20%, para los parámetros de crecimiento, como peso y longitud, indican homogeneidad en el crecimiento, lo cual es sustancial en piscicultura. Sin embargo, FONTES et al. (1990), menciona que si los valores del coeficiente de variación está por encima del 30% es indicativo de escasez y deficiencia del alimento y espacio no óptimo y otros factores que influyen en el desarrollo máximo de los peces.

✓ **Tasa de Crecimiento Específico (TCE):**

Los alevinos alimentados con dieta comercial TT tuvieron un crecimiento diario de $5,91 \pm 0,05$ cm, con ventaja sobre T3 con $4,06 \pm 0,34$, y éste, a su vez, con leve ventaja sobre el T2 que resultó con $3,89 \pm 0,19$, y éste, a su vez, con leve ventaja sobre el T1 que resultó con $3,78 \pm 0,07$ (ver Tabla 14), también se demuestra (Tabla N°17) que en los tratamientos experimentales

no existe diferencias significativas. Pero con tratamiento testigo si existen diferencias significativas.

Resultados similares obtuvo GUTIÉRREZ (2011), en el cultivo del híbrido pacotana con un TCE de 2,43% con (inclusión de 10ml de probiótico comercial/kg de alimento extruido); asimismo resultados similares reporta SATALAYA (2013), en el cultivo de alevines de Paco en la segunda fase de alevinaje con valores de TCE de 2,75 con (inclusión de 6 ml de probiótico comercial/kg de alimento extruido), datos inferiores lo reporta LISCETTE & MARTÍNEZ (2007), en el cultivo de *Oreochromis niloticus* tilapia con Microorganismos Eficientes con valores de 1,72%, según DÍAZ & LÓPEZ (1993), mencionan que es primordial tomar en cuenta la densidad de siembra, ya que influye en la productividad de la producción total, la densidad más recomendada para paco (*Piaractus brachypomus*) es un ejemplar/m² y esta densidad se puede aumentar de 1,5 a 2 y 2,5 ejemplares, para cultivos intensivos con requerimientos en el inspección del recambio de agua, monitoreando la calidad del agua y en la alimentación artificial. En relación REYES (1998), indican que la densidad de cultivo de los peces afecta el crecimiento máximo de los peces en proporción inversa, es expresar, que si se aumenta la densidad se reduce la Tasa de Crecimiento Especifico, entonces, los peces demoran más tiempo en alcanzar el peso comercial.

4.3 Parámetros Fisicoquímicos del Agua.

Los valores de calidad del agua en cada uno de los acuarios estuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo de peces amazónicos, entre ellas el paco (*Piaractus brachypomus*) que es una especie de clima tropical y de agua dulce. Los promedios de los parámetros físicos y químicos del agua durante los 45 días de cultivos no mostraron amplia variación durante el desarrollo experimental manteniéndose en los valores normales para el cultivo de peces amazónicos, presentando algunas variaciones que no afectaron aparentemente en el desarrollo de la especie paco (*Piaractus brachypomus*).

Tabla 15: Calidad de agua (Promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase experimental de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*)

Parámetros	PERIODO DE CULTIVO (días)					Promedio
	0	10	20	30	45	
T (°C)	29,00	30,5 \pm 0,58	30,25 \pm 1,26	29,75 \pm 0,5	30 \pm 0,0	29,9 \pm 0,79
OD (mg/l)	4,00	3,75 \pm 50	4 \pm 0,0	4 \pm 0,0	3,75 \pm 0,5	3,9 \pm 0,31
pH (UI)	7,00	6,75 \pm 50	7 \pm 0,0	7 \pm 0,0	7 \pm 0,0	6,95 \pm 0,22
Dureza (ppm de CaCO ₃)	56,00	49,75 \pm 1,71	51 \pm 1,83	51 \pm 2,16	50,5 \pm 1,91	51,65 \pm 2,74
Alcalinidad (mg/l)	24,00	24,75 \pm 0,96	25 \pm 0,82	24 \pm 0,00	24 \pm 0,00	24,35 \pm 0,67

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Leyenda: T (temperatura), OD (oxígeno disuelto), pH (potencial de hidrogeno)

a) Parámetros Físicos del Agua.

✓ Temperatura (°C)

Los valores medios de Temperatura del agua de las unidades experimentales registrados durante el periodo de cultivo oscilaron a partir de 29,00°C hasta 30,25 °C, conjuntamente se registró un promedio total 29,9 \pm 0,79 °C de temperatura del agua en las unidades experimentales (Ver tabla 15). Los resultados mostraron variaciones ligeras en cada muestreo y son valores donde esta especie se desarrolla idóneamente, en concordancia (G.Poelo 2011), afirma que el paco *Piaractus brachypomus*, es un pez de aguas cálidas que obtienen su máximo desarrollo y crecimiento en temperaturas entre los 28 y 31 °C. Mientras que Petreire (1992) menciona que las temperaturas altas o bajas pueden causar estrés en los peces y reducen el incremento de crecimiento, de forma similar autores como Buentello (2000), menciona que la presencia de temperaturas variadas tanto inferiores como superiores, ya sean menores o mayores que lo valores óptimos para cada especie, los peces no llegan ingerir sus alimentos

b) Parámetros Químicos del Agua.

✓ Oxígeno disuelto (mg/L).

El oxígeno disuelto (OD) corresponde al parámetro más importante en la calidad del agua y controlarla es indispensable, ya que bajas concentraciones pueden ocasionar pérdidas del apetito y atrasar el crecimiento, pudiendo llegar obtener riesgo de muerte por asfixia de los peces (Venegas y Benítez.2003). En ese sentido en la (tabla 15), se muestran las variaciones de los valores medios en intervalos de 10 días de OD en el agua de las unidades experimentales, durante las días que duró investigación; registrándose un promedio mínima de $3,75 \pm 50$ mg/L de OD y un promedio máximo de $4 \pm 0,0$ mg/L de OD en el segundo muestreo. Asimismo, una media total de $3,9 \pm 0,31$ mg/L de Oxígeno Disuelto en el agua de las unidades experimentales. Por otra lado, según (OLDEPESCA 2010) menciona las concentraciones de Oxígeno Disuelto en el agua se describe como la masa del oxígeno en relación con el volumen de agua (mg/L), para esta especie se requiere desde 3 mg/L y 12 ml/L, valores que son habituales de hallar en aguas cálidas. No obstante López y Díaz (1995) menciona que paco *Piaractus brachypomus* es una especie de mayor resistencia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (1 a 3 mg/L). Mientras que Sipaúba (2008) determina que, para un crecimiento óptimo de los peces, el agua de los estanques debe contener una cantidad de oxígeno disuelto siempre superior a 3 mg/L. En la práctica es habitual hallar valores de OD en el agua se hallan dentro del rango establecido para esta especie y otras en general, donde el OD en el agua fue con buena disposición.

✓ Potencial de Hidrógeno (UI).

En la (tabla 15), se muestran los valores promedios y sus variaciones durante los 45 días del pH del agua de los acuarios en el cual se sembraron los alevines de paco, y se observaron un comportamiento con mínimas variaciones de pH a lo duradero del período de cultivo, mostrando un rango desde $6,75 \pm 50$ como valor mínimo hasta $7,00 \pm 0,0$ como valor máximo. Según Boyd (1996), el "Paco" es una especie que

tolera extensos rangos de pH a partir de 3,5 a 11; sin embargo, para el mejor desarrollo de la piscicultura son aquellas aguas que presentan un pH neutro o levemente alcalino que fluctúan desde 7 a 8. Y con concordancia con Sipaúba (2008), los valores requeridos de pH del agua en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) deben hallarse entre los rangos 6,5 y 8,5; dado que un pH más ácido o más alcalino por un prolongado período de tiempo, reducir el incremento de crecimiento de los peces. Entonces los valores registrados del pH del agua en esta práctica fue óptimo el pH para el cultivo de esta especie.

✓ **Dureza (ppm CaCO₃).**

A lo largo del periodo de cultivo de los peces (*Piaractus brachypomus*), se registraron las medias de los datos por cada periodo de 10 días de la dureza del agua en las unidades experimentales y sus variaciones en el tiempo. Se muestra en la (tabla 15) que los resultados promedios de dureza del agua estuvieron entre los rangos de $49,75 \pm 1,71$ mg/L de CaCO₃ y 56,00 mg/L de CaCO₃. Boyd (1996), describe que la dureza está muy vinculada con la alcalinidad, y la suficiencia del medio para tolerar alteraciones en el pH del agua y en la piscicultura, las más deseables aguas respecto a la dureza y alcalinidad se hallan cuando tienen valores semejantes, coincidiendo con los valores registrados en esta práctica con resultados cercanos de dureza (18,88 mg/L de CaCO₃) y alcalinidad (17,13 mg/L de CaCO₃) manifestar con esos valores de mejor calidad del agua en el estanque y su vez se halla dentro rango de aguas blandas (0 a 75 mg/L de CaCO₃).

✓ **Alcalinidad (mg/L)**

Los parámetros alcalinidad tienen significancia en la piscicultura, porque señala en qué medida puede alterar el pH del agua y la alcalinidad superior significa que tiene una mayor capacidad tampón; es indicar que el agua se encuentra químicamente muy estable, y su calidad no se diferencia mucho en el transcurso del día (IIAP 2006). En cuanto a la presente práctica, en la (tabla 15), se muestran los promedios de cada muestreo de la alcalinidad del agua a lo largo del periodo de cultivo. Donde se obtuvo valores promedio mínimo de

alcalinidad: $24 \pm 0,00$ mg/L de CaCO_3 (carbonato de calcio) y un promedio máximo: $25 \pm 0,82$ mg/L de CaCO_3 en el agua. De igual forma, se tuvo promedio de $24,35 \pm 0,67$ mg/L de CaCO_3 de alcalinidad total a lo largo del periodo en el monitoreo del agua. Asimismo OLDEPESCA (2010), en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) la alcalinidad estaría normalmente entre 30 y 200 mg/L de CaCO_3 ; sin embargo alcalinidades más altas o más bajas no desfavorecen en los cultivos. Con tal precedente mencionado, los resultados bajos de alcalinidad del agua en esta práctica no perjudican en el desarrollo de los alevines.

CONCLUSIONES.

- Según los resultados obtenidos y de acuerdo a las condiciones en la que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se concluye que:
- El efecto de las dietas con diferentes niveles de inclusión de cuatro aminoácidos comercial (metionina lisina triptófano y treonina) en el alimento balanceado, si tuvo efecto significativo sobre los indicadores biométricos ($P > 0,05$); y el alimento formulado tuvo un nivel de consumo aceptable por los peces desde el principio, respecto al tratamiento testigo.
- En la investigación el tratamiento T3 (con inclusión 1,5% de aminoácidos comercial) obtuvo los mejores resultados biométricos que los tratamientos T1 y T2, pero no mayor a los resultados del tratamiento testigo (TT)
- El efecto de los tratamientos en el período experimental, los índices zootécnicos evaluados (G.P, G.L, ICAA y TCE), para los tratamientos si registraron diferencias significativas ($P > 0,05$) y para (F y S) no se registró diferencias significativas como resultado del efecto de la tasa de alimentación.
- En la calidad de agua los parámetros físico químicos de los acuarios, empleados para el cultivo de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*) estuvieron dentro de los rangos permisibles, lo que se demuestra al comparar con investigaciones similares.

SUGERENCIAS

- Desarrollar cultivos de alevines (*Piaractus brachypomus*) en base a las dietas suministradas en el presente estudio, teniendo en cuenta que el porcentaje de inclusión de los insumos (aminoácidos comerciales) pueden ser mejorados para obtener una mayor eficiencia en el desarrollo del pez, ya que no se han encontrado reportes de estudios con inclusión de aminoácidos comerciales en peces.
- Al realizar experimentos con alevines de paco (*Piaractus brachypomus*), se recomienda utilizar peceras con dimensiones mayores a nuestro trabajo, para evitar accidentes que ocasionen la pérdida de los especímenes; ya que estos tienen la capacidad de realizar saltos a medida que van creciendo.
- Los resultados de Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA), son muy elevados, por lo que se recomienda aplicar una investigación similar pero extruido los alimentos experimentales para igualar a la condición del alimento comercial que normalmente se usa como control.
- Se recomienda realizar otros estudios para determinar el coeficiente de digestibilidad de los insumos utilizados en esta investigación, así como usar mayores niveles de aminoácidos: triptófano, treonina, lisina, y metionina.
- Se recomienda no utilizar la dieta T3 por ser menos eficiente que la dieta comercial puritilapia 40.
- El monitoreo de los parámetros físicos y químicos del agua de las unidades experimentales deben ser de forma permanente, ya que estos parámetros, van a influenciar directamente en el normal desarrollo de la especie cultivada.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- ACOSTA A, ORTEGA C, SANGUINO W, LÓPEZ J, CEBALLOS B. (2010).** Evaluación de tres tipos de alimento como dieta en post-larvas de Sábalo Amazónico, Revista de MVZ. Pasto, Colombia. p, 42-50.
- ATENCIO GV. (2001).** Producción de alevinos de especies nativas. Rev. MVZ, Córdoba, Colombia; 6:9-14.
- BANZATTO, D. A. Y KRONKA, S. DO N. (1989).** Experimentacao agrícola. Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias y Veterinárias- UNESP. Jaboticabal. S.P. 247p
- BENÍTEZ Y VENEGAS. (2003). EL CULTIVO DE LA CACHAMA.** http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1521652113726~370. [Consultado 16 noviembre 2016]
- BOYD, C. (1996).** Revista de biología marina y oceanografía. [https://books.google.com.pe/books?id=4s0fAQAIAAJ&q=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.&dq=Boyd,+C.+\(1996\).+Manejo+de+suelos+y+de+la+calidad+](https://books.google.com.pe/books?id=4s0fAQAIAAJ&q=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.&dq=Boyd,+C.+(1996).+Manejo+de+suelos+y+de+la+calidad+). [Consultado 19 Octubre 2017].
- BUENTELLO. (2000).** LA ACUACUITURA RÚSTICA. <http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/pdfs/Publicaciones/VOLIII/SICCIONVII/LaAcuaculturaRustica.pdf>. [Consultado 19 Agosto 2017]
- CAMARGO WN, KOHLER CC, KOHLER ST, DABROWSKI K, ALC FB. (2005), et al.** Evaluation of Artemia vs. Moina as live diets for the production of *Colossoma macropomum* and *Piaractus brachypomus* larvae. Presentation of the Fisheries & Illinois Aquaculture Center; Carbondale: Southern Illinois University at Carbondale; p. 319-321.
- CASTELL, J.D. & TIEWS, K. (1980).** Report of the EIF AC, JUNS and ICES working group on the standarization of methodology in fish nutrition research. Hamburg, Federal Republic of Gennany. EIF AC Tech. Pap., 36. 24 p.

COVALEDA HJ, GONZ-LEZ FA. (2005). La cadena de la piscicultura en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991- 2005. Documento de trabajo N° 72. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. 2005. 41p.

CUVIER. (1818) confinados en jaula durante la segunda fase de alevinaje en Padre Abad – Perú. Tesis para optar el título profesional de Biólogo Acuicultor. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 80 pp.

DAVID C, LENIS G, CASTAÑEDA G, LOPERA A, RESTREPO LF. (2011). La dieta usada en la primera alimentación afecta la ganancia de peso y longitud total de larvas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.p 48-53.

DEL RISCO ORBE, R.M., (2014). Efecto de dos concentraciones de pituitaria de *Prochilodus nigricans* “boquichico”, *Potamorhina latior* “yahuarachi”, *Anodus elongatus* “yulilla” sobre la liberación y viabilidad de productos gonádicos de *Piaractus brachypomus* “paco”. <http://dspace.concytec.gob.pe/handle/concytec/72>. [Consultado 18 Agosto 2017].

DÍAZ Y LÓPEZ, (1995). Estudio fenotípico de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético de espina intramuscular.<http://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/viewFile/1604/1955>. [Consultado 18 Agosto 2017].

DIOGENES, A, F. y J.B.K. FERNANDES, J.C.P. DORIGAM, N.K. SAKOMURA, F.H.F. RODRIGUES, B.T.M. LIMA, F.H.G., (2015). Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/zaac.200800335/abstract>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

EVANGELISTA AD, FORTES NR, SANTIAGO CB. (2005). Comparison of some live organisms and artificial diet as feed for Asian catfish *Clarias macrocephalus* (Gunther) larvae. *J appl ichthyol.* 21:437-443.

FAO, (2000). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. <http://www.fao.org/3/content/60051bb9-bd0e-5631-b5e1-9b5ec8e51998/AB492S01.htm>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

FONTES, N.J. SENHORINI & A. LUCAS. (1990). Efeito de duas densidades de estocagem no desempenho larval de «pacu» *Piaractus mesopotamicus* (Homberg, 1887) x *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) em viveiros. Bol. Téc. CEPTA, Pirassununga, 3 (único): 23-32 pp.

G. POELO. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/13.pdf>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

GUTIERREZ, 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. Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Puerto Maldonado –Perú. 87 pp.

HALVER, J. (1972). Nutrición de peces. New York. 713 p.

HE, J.Y., TIAN, L.X., LEMME, A., FIGUEREIDO-SILVA, C., GAO, W., YANG, H.J., HAN, B., ZENG, S.L. y LIU, Y.J., (2016). The effect of dietary methionine concentrations on growth performance of juvenile Nilo tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with two different digestible energy levels. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/zaac.200800335/abstract>. [Consulta do 18 Noviembre 2017].

HACHERO-CRUZADO, I. & GUERRA-GARCÍA, J. M., (2014). Nutritional analysis of freshwater and marine amphipods from the Strait of Gibraltar and potential aquaculture applications. *Journal of Sea Research*, 85: 29-36 pp.

HEVIA, E.M., (2011). Aminoácidos esenciales. <http://www.metabolismo.biz/web/aminoacidos-esenciales/>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

HURTADO CHAMORRO, M.J. (2002) Sobrevivencia y crecimiento de alevines de tilapia en tres tipos de recipientes. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 15 p.

IIAP, (2000). Desarrollo de la acuicultura en la Amazonia Continental.

https://books.google.com.pe/books?id=rku2Or2CRxQC&dq=residuos+solidos&hl=es&source=gbs_navlinks_s%5Cnhttps://books.google.com.pe/books?id=rku2Or2CRxQC&dq=residuos+solidos&hl=es&source=gbs_navlinks_s.
[Consultado 18 Noviembre 2017].

IIAP, (2006). Cultivando peces amazónicos. <https://guzlopeditoras.com/webdes/agri01/amazonica/pld1535.pdf>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

J.M.CAO, Y. CHEN, X.Z. (2012). El estudio sobre la necesidad de lisina en la dieta de juveniles de pez gato amarillo *Pelteobagrus fulvidraco*.

JANSMAN, A.J.M., (2000). Necesidades y utilización de triptófano en animales monogástricos. en XVI curso de especialización avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA.

KUBITZA F. (1999). Nutrición y alimentación de los peces. 3TM Ed. Piracicaba, Brasil: Editorial Jundiaí.

LAZO J. (2000) Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. Memorias del V Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 noviembre, Mérida, Yucatán, México; 13p.

LECLERCQ, B., (1998). El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. en XIV curso de especialización avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Proteina_ideal_y_Aminoacidos_sinteticos.pdf. [Consultado 18 Noviembre 2017].

LISCETTE, B. T. & MARTINEZ, M. D. R. (2007). Uso de Microorganismo Eficientes (EM) en la alimentación de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proyecto de Graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas y el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de EARTH Costa Rica. pág.57

LUNA, T. (1993). Evaluación de insumas alimenticios amazónicos y su uso en la alimentación de *Colossoma macropomum*. Departamento de Acuicultura. Facultad de Pesquería. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima-Perú. 110 pp.

LUNA, T. & HERNÁNDEZ, C.S. (1988). Utilización de alimentos de complemento en el cultivo semi intensivo de alevinos de *Colossoma macropomum*. In: An. VI Simp. Latinoamericano y V Simp. Bras. de Acuicultura, Florianópolis-SC.520-525.

M. SÁNCHEZ, (2013). asociación española para la calidad. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/indicadores>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

MARINO, M. (2010). Diversificación en acuicultura rural y del ambiente, Una herramienta para la sostenibilidad Diversificación en acuicultura: Una herramienta para la sostenibilidad. http://www.mapama.gob.es/app/jacumar/recursos_informacion/Documentos/Publicaciones/270_guia_diversificacion_es.pdf. [Consultado 18 Noviembre 2017].

MERLANO J, PATERNINA A, SANTAMARIA W, ROBLES V, CASALLAS P, SANTAMARIA Y. (2010). Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Redalyc). Villavicencio, Colombia. pág. 45-58.

MICHELATO, M., DE OLIVEIRA VIDAL, L.V., XAVIER, T.O., DE MOURA, L.B., DE ALMEIDA, F.L.A., PEDROSA, V.B., FURUYA, V.R.B. y FURUYA, W.M., (2016). Dietary lysine requirement to enhance muscle development and fillet yield of finishing Nile tilapia. *Aquaculture*, vol. 457, pp. 124-130. ISSN 00448486. DOI 10.1016/j.aquaculture.2016.02.022.

MORILLO, M., VISBAL, T., RIAL, L., OVALLES, F., AGUIRRE, P. y MEDINA, A.L., (2013). Alimentación de alevines de *colossoma macropomum* con dietas a base de *erythrina edulis* y soya. *Interciencia*, vol. 38, no. 2, pp. 121-127. ISSN 03781844.

MYRA T. JOHNSON, (1977). Aminoácidos <https://docs.google.com/document/d/1x4L4eJix6GTFqRpFnX67xbdyHI5tVJHPwYbTPfascsc/edit>. [Consultado 18 Noviembre 2017].

NURHAFI, S., NAQTAHNAIN, I., ABDULLAH, M.F., ZAKARIA, Z., JAMILAH, S., YUSOF, H.M. y ABDULLAH, R., (2017). Akademia Baru The effects of protein-bound methionine and lysine on the growth rate, feed utilization and digestibility for African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings Akademia Baru. , vol. 1, no. 1, pp. 8-19.

ORTÍZ, J., OCHOA, R. CEDEÑO, C.; NARANJO, M. (2009). Evaluación de dos dietas alternativas para alimentación de cachama (*Colossoma Macropomum*) bajo diferentes densidades de siembra en Santo Domingo de los Tsachilas. Tesis - Carrera de Ingeniería Agropecuaria (Sto. Domingo).

OLDEPESCA, (2010). Estudio sobre los efectos del cambio climático en las especies acuícolas más importantes de la región.

POPMA AND GREEN, (1990). Reversión sexual de tilapia en lagunas de tierra.34 p.

PEREYRA, G., (2013). Piscicultura <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/037-a-piscicultura.pdf>. [Consultado 19 Noviembre 2017].

PESCA, L.G. De, (2014). Plan Regional de Acuicultura de San Martín 2014-2023.http://www.regionsanmartin.gob.pe/consejo_regional/acuerdos/2014/OR201424.pdf. [Consultado 19 Noviembre 2017].

PETRERE, A., (1992). INFLUENCIA DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO DE *Piaractus brachypomus*. "PACO" EN SEGUNDA FASE DE ALEVINAJE EN ESTANQUES SEMINATURALES.

REBAZA, C.; VILLAFANA, E.; REBAZA, M. & DEZA, S. (2002). Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (paco) en segunda fase de alevinaje en estanques semi naturales. Folia Amazónica, 13(1-2):122 –134pp

REYES, W. (1998). Cultivo de peces amazónicos. Revista Peruana de Limnología y Acuicultura Continental. Publicación especial APLAC. N° 4. Trujillo-Perú

RØNNESTAD, THORSEN A, NIGEL R (2003). Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* 1999; 177:201-216.

SATALAYA, A. H. (2013). Efecto del probiótico EM (Microorganismos Eficientes) sobre el crecimiento de alevinos de Paco; *Piaractus brachyomus*

SIPAÚBA TAVARES, LH. (2003). Producao de Plancton (Fitoplancton e Zooplancton) para Aliemntacao de Organismos Aquaticos. Segunda edicicao San Carlos, Brasil: Editora Rima.

SIPAÚBA, (2008). USO DE LA HARINA DE SACHA INCHI, *Plukenetia volubilis* (EUPHORBIACEAE) EN DIETAS PARA ALEVINOS DE BANDA NEGRA, *Myleus schomburgkii* (PISCES, SERRASALMIDAE) CRIADOS EN JAULAS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, EXPERIMENTACIÓN Y ENSEÑANZA- PISCIGRANJA QUISTOCOCH. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1759/T636.084V66.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consultado 21 Julio 2017].

TURCIOS, V., (2004). Validación de programas de predicción para estimar el contenido de aminoácidos en maíz, harina de soya y sorgo. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0938.pdf. [Consultado 21 Julio 2017].

VALENTE, L.M.P., MOUTOU, K.A., CONCEIÇÃO, L.E.C., ENGROLA, S., FERNANDES, J.M.O. y JOHNSTON, I.A., (2013). What determines growth potential and juvenile quality of farmed fish species? *Reviews in Aquaculture*, vol. 5, no. SUPPL.1. ISSN 17535123. DOI 10.1111/raq.12020.

VELAZQUEZ, J. (2014). Aminoácidos. <http://ponce.inter.edu/cai/reserva/jvelazquez/aminoac.html>. [Consultado 21 Julio 2017].

WÁLTER VÁSQUEZ, A.A. (2013). Crecimiento_de_juvenis_de_Piaractus_brachy pomus_alimentados_com_dietas_contendo_diferentes_perfis_de_

aminoacidos_essenciaishttps://www.researchgate.net/publication/271214896_Crecimiento_de_juvenis_de_Piaractus_brachypomus_alimentados_com_dietas_contendo_diferentes_perfis_de_aminoacidos_essenciais. [Consultado 19 noviembre 2017].

WU, M., LU, S., WU, X., JIANG, S., LUO, Y., YAO, W. y JIN, Z., (2017).

Effects of dietary amino acid patterns on growth, feed utilization and hepatic IGF-I, TOR gene expression levels of hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* female x *Epinephelus lanceolatus* male) juveniles. AQUACULTURE, ISSN 0044-8486. DOI 10.1016/j.aquaculture.2016.11.019.

YUNTA ER, (2013). DESAFÍOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN CON ANIMALES, MANIPULACIÓN GENÉTICA.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3711750/>. [Consultado 16 Noviembre 2017].

ZEHRA, S. y KHAN, M.A. (2015). Dietary tryptophan requirement of fingerling *Catla catla* (Hamilton) based on growth, protein gain, RNA/DNA ratio, haematological parameters and carcass composition. *Aquaculture Nutrition* <http://doi.wiley.com/10.1111/anu.12198>. [Consultado 16 Noviembre 2017].

Anexos.

ANEXOS

Anexo 1: matriz de consistencia

Efecto del nivel de la inclusión de cuatro aminoácidos en dieta para alevines de paco, "*Piaractus brachypomus*" y su influencia en el índice biométrico.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Variables
<p>El problema del presente trabajo se focaliza en la formulación de dieta con aporte de aminoácidos esenciales para mejorar el rendimiento de la producción de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>). Se formula la siguiente interrogante de investigación:</p> <p>¿En qué medida influye el nivel de aminoácidos (lisina, metionina, treonina y triptófano) incluidas en la dieta sobre el índice biométrico de alevines de paco <i>Piaractus brachypomus</i>?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el efecto del nivel de la inclusión de cuatro aminoácidos en dieta para alevines de paco, "<i>piaractus brachypomus</i>" y su influencia en el índice biométrico.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a) Determinar el efecto de la variación de aminoácidos: Metionina, Treonina, Lisina y Triptófano incluidas en la dieta para el desarrollo de alevines de paco <i>Piaractus brachypomus</i> y su influencia en el crecimiento: peso (g), longitud (cm), supervivencia.</p> <p>b) Determinar el efecto de la dieta formulada incluido los cuatro aminoácidos: Metionina, Treonina, Lisina y Triptófano comparadas con una dieta comercial.</p> <p>c) Evaluar la calidad de agua a través de los parámetros fisicoquímicos en el cultivo de alevines de paco <i>Piaractus brachypomus</i>.</p>	<p>a) Hipótesis nula: La inclusión de aminoácidos en el balanceo de dietas no influirá en el desarrollo y supervivencia de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).</p> <p>b) Hipótesis alterna: La inclusión de aminoácidos en el balanceo de dietas influirá en el desarrollo y supervivencia de alevines de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).</p>	<p>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 120 peces.</p>	<p>Variables independientes: Inclusión porcentual de aminoácidos (Metionina, Treonina, Lisina y triptófano) en dieta (T1= 0.5%, T2=1.0%, T3=1.5%) y una dieta comercial (TT=PURITILAPIA 40%).</p> <p>Variables dependientes: Longitud Total Individual (LTI), Ganancia de Peso Individual (GPI), Tasa de Conversión Alimenticia (TCA), Tasa de Crecimiento Específico (TCE).</p>

Tabla 16. Comparaciones múltiples con HSD de Tukey de Longitud y peso en múltiples periodos de los tratamientos.

Comparaciones múltiples												
Variable dependiente.	Tratamientos		Comparaciones múltiples en 10 días					Comparaciones múltiples en el tiempo final				
			Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
	Límite inferior	Límite superior				Límite inferior	Límite superior					
	(I)	(J)										
Peso	T1	T2	,015	,0259	,938	-,052	,082	-,155	,0882	,296	-,383	,073
		T3	,016	,0259	,923	-,051	,083	-,256*	,0882	,020	-,484	-,028
		TT	-,086*	,0259	,005	-,153	-,019	-2,740*	,0882	,000	-2,968	-2,512
	T2	T1	-,015	,0259	,938	-,082	,052	,155	,0882	,296	-,073	,383
		T3	,001	,0259	1,000	-,066	,068	-,101	,0882	,660	-,329	,127
		TT	-,101*	,0259	,001	-,168	-,034	-2,585*	,0882	,000	-2,813	-2,357
	T3	T1	-,016	,0259	,923	-,083	,051	,256*	,0882	,020	,028	,484
		T2	-,001	,0259	1,000	-,068	,066	,101	,0882	,660	-,127	,329
		TT	-,103*	,0259	,001	-,169	-,036	-2,484*	,0882	,000	-2,712	-2,256
	TT	T1	,086*	,0259	,005	,019	,153	2,740*	,0882	,000	2,512	2,968
		T2	,101*	,0259	,001	,034	,168	2,585*	,0882	,000	2,357	2,813
		T3	,103*	,0259	,001	,036	,169	2,484*	,0882	,000	2,256	2,712
Longitud	T1	T2	,033	,0322	,744	-,051	,116	-,081	,0578	,496	-,230	,068
		T3	,036	,0322	,674	-,047	,119	-,230*	,0578	,000	-,379	-,081
		TT	-,149*	,0322	,000	-,232	-,066	-1,575*	,0578	,000	-1,724	-1,426
	T2	T1	-,033	,0322	,744	-,116	,051	,081	,0578	,496	-,068	,230
		T3	,004	,0322	,999	-,079	,087	-,149	,0578	,051	-,298	,000
		TT	-,181*	,0322	,000	-,264	-,098	-1,494*	,0578	,000	-1,643	-1,345
	T3	T1	-,036	,0322	,674	-,119	,047	,230*	,0578	,000	,081	,379
		T2	-,004	,0322	,999	-,087	,079	,149	,0578	,051	,000	,298
		TT	-,185*	,0322	,000	-,268	-,102	-1,345*	,0578	,000	-1,494	-1,196
	TT	T1	,149*	,0322	,000	,066	,232	1,575*	,0578	,000	1,426	1,724
		T2	,181*	,0322	,000	,098	,264	1,494*	,0578	,000	1,345	1,643
		T3	,185*	,0322	,000	,102	,268	1,345*	,0578	,000	1,196	1,494

Tabla 17. Comparaciones múltiples con HSD de Tukey de Índices zootécnicos para los tratamientos.

Variable dependiente:	Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Ganancia de Longitud	T1	T2	-1,30500*	,116512	0	-165,091	-0,95909	
		T3	-1,49500*	,116512	0	-184,091	-114,909	
		T4	-2,87000*	,116512	0	-321,591	-252,409	
	T2	T1	1,30500*	,116512	0	0,95909	165,091	
		T3	-,19000	,116512	0,399	-0,53591	0,15591	
		T4	-1,56500*	,116512	0	-191,091	-121,909	
	T3	T1	1,49500*	,116512	0	114,909	184,091	
		T2	,19000	,116512	0,399	-0,15591	0,53591	
		T4	-1,37500*	,116512	0	-172,091	-102,909	
	T4	T1	2,87000*	,116512	0	252,409	321,591	
		T2	1,56500*	,116512	0	121,909	191,091	
		T3	1,37500*	,116512	0	102,909	172,091	
Ganancia de peso	T1	T2	-1,18000*	,139456	0	-159,403	-0,76597	
		T3	-1,29250*	,139456	0	-170,653	-0,87847	
		T4	-3,78750*	,139456	0	-420,153	-337,347	
	T2	T1	1,18000*	,139456	0	0,76597	159,403	
		T3	-,11250	,139456	0,85	-0,52653	0,30153	
		T4	-2,60750*	,139456	0	-302,153	-219,347	
	T3	T1	1,29250*	,139456	0	0,87847	170,653	
		T2	,11250	,139456	0,85	-0,30153	0,52653	
		T4	-2,49500*	,139456	0	-290,903	-208,097	
	T4	T1	3,78750*	,139456	0	337,347	420,153	
		T2	2,60750*	,139456	0	219,347	302,153	
		T3	2,49500*	,139456	0	208,097	290,903	
Ganancia de peso diario	T1	T2	-,02750*	,003087	0	-0,03667	-0,01833	
		T3	-,02750*	,003087	0	-,0366,7	-0,01833	
		T4	-,08425*	,003087	0	-0,09342	-0,07508	
	T2	T1	,02750*	,003087	0	0,01833	0,03667	
		T3	0,00000	,003087	1	-0,00917	0,00917	
		T4	-,05675*	,003087	0	-0,06592	-0,04758	
	T3	T1	,02750*	,003087	0	0,01833	0,03667	
		T2	0,00000	,003087	1	-0,00917	0,00917	
		T4	-,05675*	,003087	0	-0,06592	-0,04758	
	T4	T1	,08425*	,003087	0	0,07508	0,09342	
		T2	,05675*	,003087	0	0,04758	0,06592	
		T3	,05675*	,003087	0	0,04758	0,06592	
T1	T2	-,01625	,006163	0,088	-0,03455	0,00205		

Ganancia biomasa	T2	T3	-,01800	,006163	0,054	-0,0363	0,0003
		T4	-,05825*	,006163	0	-0,07655	-0,03995
		T1	,01625	,006163	0,088	-0,00205	0,03455
	T3	T3	-,00175	0,006163	0,992	-0,02005	0,01655
		T4	-,04200*	0,006163	0	-0,0603	-0,0237
		T1	,01800	0,006163	0,054	-0,0003	0,0363
	T4	T2	,00175	0,006163	0,992	-0,01655	0,02005
		T4	-,04025*	0,006163	0	-0,05855	-0,02195
		T1	,05825*	0,006163	0	0,03995	0,07655
		T2	,04200*	0,006163	0	0,0237	0,0603
		T3	,04025*	0,006163	0	0,02195	0,05855
Indice de conversión alimenticia. (ICCA)	T1	T2	14,3365	5,082,178	0,064	-0,75198	2,942,498
		T3	16,44325*	5,082,178	0,031	135,477	3,153,173
		T4	35,28900*	5,082,178	0	2,020,052	5,037,748
	T2	T1	-14,3365	5,082,178	0,064	-2,942,498	0,75198
		T3	2,10675	5,082,178	0,975	-1,298,173	1,719,523
		T4	20,95250*	5,082,178	0,007	586,402	3,604,098
	I3	T1	-16,44325*	5,082,178	0,031	-3,153,173	-135,477
		I2	-210,675	5,082,178	0,975	-1,719,523	1,298,173
		T4	18,84575*	5,082,178	0,014	375,727	3,393,423
	T4	T1	-35,28900*	5,082,178	0	-5,037,748	-2,020,052
		T2	-20,95250*	5,082,178	0,007	-3,604,098	-586,402
		T3	-18,84575*	5,082,178	0,014	-3,393,423	-375,727
Coeficiente de Variación de Peso (CVP)	T1	T2	,00850	0,031295	0,993	-0,08441	0,10141
		T3	-,01075	0,031295	0,985	-0,10366	0,08216
		T4	0,0285	0,031295	0,8	-0,06441	0,12141
	T2	T1	-,00850	0,031295	0,993	-0,10141	0,08441
		T3	-,01925	0,031295	0,925	-0,11216	0,07366
		T4	,02000	0,031295	0,917	-0,07291	0,11291
	T3	T1	,01075	0,031295	0,985	-0,08216	0,10366
		T2	,01925	0,031295	0,925	-0,07366	0,11216
		T4	,03925	0,031295	0,607	-0,05366	0,13216
	T4	T1	-,02850	0,031295	0,8	-0,12141	0,06441
		T2	-,02000	0,031295	0,917	-0,11291	0,07291
		T3	-,03925	0,031295	0,607	-0,13216	0,05366
Tasa de Crecimiento Específico (TCE)	T1	T2	-,11100	0,143006	0,864	-0,53557	0,31357
		T3	-,28625	0,143006	0,241	-0,71082	0,13832
		T4	-2,13250*	0,143006	0	-255,707	-170,793
	T2	T1	,11100	0,143006	0,864	-0,31357	0,53557
		T3	-,17525	0,143006	0,623	-0,59982	0,24932
		T4	-2,02150*	0,143006	0	-244,607	-159,693
T3	T1	,28625	0,143006	0,241	-0,13832	0,71082	

		T2	,17525	0,143006	0,623	-0,24932	0,59982
		T4	-1,84625*	0,143006	0	-227,082	-142,168
		T1	2,13250*	0,143006	0	170,793	255,707
	T4	T2	2,02150*	0,143006	0	159,693	244,607
		T3	1,84625*	0,143006	0	142,168	227,082
Factor de Condición Corporal (K)	T1	T2	-,05475	0,050617	0,707	-0,20503	0,09553
		T3	,01225	0,050617	0,995	-0,13803	0,16253
		T4	-,11700	0,050617	0,15	-0,26728	0,03328
	T2	T1	,05475	0,050617	0,707	-0,09553	0,20503
		T3	,06700	0,050617	0,566	-0,08328	0,21728
		T4	-,06225	0,050617	0,621	-0,21253	0,08803
	T3	T1	-,01225	0,050617	0,995	-0,16253	0,13803
		T2	-,06700	0,050617	0,566	-0,21728	0,08328
		T4	-,12925	0,050617	0,101	-0,27953	0,02103
	T4	T1	,11700	0,050617	0,15	-0,03328	0,26728
		T2	,06225	0,050617	0,621	-0,08803	0,21253
		T3	,12925	0,050617	0,101	-0,02103	0,27953
Supervivencia (S)	T1	T2	0,00000	3,019,037	1	-896,322	896,322
		T3	-625,000	3,019,037	0,217	-1,521,322	271,322
		T4	-500,000	3,019,037	0,386	-1,396,322	396,322
	T2	T1	0,00000	3,019,037	1	-896,322	896,322
		T3	-6.25	3,019,037	0,217	-1,521,322	271,322
		T4	-500,000	3,019,037	0,386	-1,396,322	396,322
	T3	T1	625,000	3,019,037	0,217	-271,322	1,521,322
		T2	625,000	3,019,037	0,217	-271,322	1,521,322
		T4	125,000	3,019,037	0,975	-771,322	1,021,322
	T4	T1	500,000	3,019,037	0,386	-396,322	1,396,322
		T2	500,000	3,019,037	0,386	-396,322	1,396,322
		T3	-125,000	3,019,037	0,975	-1,021,322	771,322