

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA



**“EVALUACIÓN DEL REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA
DE PESCADO POR HARINA DE TARWI (*Lupinus
mutabilis*) EN DIETAS ALIMENTICIAS PARA TILAPIA
NILOTICA “*Oreochromis niloticus*” (Linnaeus, 1758) Y
SU INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS”**

IS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO PESQUERO

JORGE JESÚS MESTANZA PÉREZ

LUI RENATTO NÚÑEZ CAMPOS

Callao, febrero, 2018

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALAO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

Callao 20 de Diciembre 2017

Sr. Mg. Walter Alvites Ruesta
Decano de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos

Presente


De mi mayor consideración


EL JURADO evaluador de LA TESIS EVALUACION DEL REEMPLAZO PARCIAL DE HARINA DE PESCADO POR HARINA DE TARWI(*Lupinus mutabilis*) EN DIETAS ALIMENTICIAS PARA TILAPIA NILOTICA(*Oreochromis niloticus*) Y SU INFLUENCIA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS de los tesisistas Jorge Jesús Mestanza Pérez y Lui Renato Núñez Campos informamos que la tesis fue sustentada el 8 de Marzo 2018 siendo aprobada con el calificativo de Muy buena , no existiendo observaciones pendientes.

Sin otro particular quedo de Ud.

Atentamente


.....
Dr. Enrique García Talledo
Presidente


.....
Ing. Roberto Quesquen F.
Secretario


.....
Mg. Juan Soja Nuñez
Vocal

DEDICATORIA

**A nuestras familias, por el amor
y apoyo incondicional que nos
brindaron durante todos estos años.**

AGRADECIMIENTO

Quisieramos dedicar la finalización de esta tesis a todas aquellas personas que nos han acompañado y facilitado su apoyo, consejo y ánimo a lo largo de este proceso, sin las cuales no hubiera sido posible lograr este objetivo.

En primer lugar agradecer a nuestro asesor de tesis Ms.C. Antonio Mariluz Fernandez, no sólo por ofrecernos sus valiosos conocimientos y experiencia profesional, sino también por animarnos y alentarnos en cada una de las fases de la investigación.

Hacemos extensivos estos agradecimientos al Dr. Mateo Salas que pese a no trabajar en el campo de esta tesis, ha sido un verdadero maestro. Asimismo a nuestro compañero y hermano Benjamin Núñez Campos quien nos ha proporcionado valiosos consejos, su apoyo constante y sus imprescindibles animos durante todo el tiempo que duró esta investigación

A nustrò compañero Alvaro Suclupe Espinoza quien nos ha apoyado en las diversas actividades para esta investigación asi como también por el interés que ha puesto y las valiosas sugerencias aportadas.

Un recuerdo especial a nuestros padres por su eterna entrega y capacidad para mantener la ilusión por una meta alcanzable y porque han sido una indudable referencia y guía durante estos años. Esperamos continuar sus pasos.

Por último, a nosotros, por la incomparable mezcla de paciencia, comprensión, aprecio y sentido del humor. Confiamos en poder seguir juntos en proyectos futuros tal y como lo hemos hecho hasta ahora.

Desde estas páginas, un recuerdo muy especial para todos y todas.

¡Gracias!

ÍNDICE

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
1.1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1: Problema general	12
1.3: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.3.1: Objetivo general	12
1.3.2: Objetivos específicos.....	12
1.4: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.4.1: Legal.....	13
1.4.2: Económica.....	13
1.5: IMPORTANCIA	14
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	16
2.1.1. Situación de la producción de harina de pescado y su importancia como fuente proteica en piensos para peces.	16
2.1.2 Utilización de ingredientes alternativos en la formulación de alimentos para peces	18
2.1.3 Potencial del (Lupinus spp.), tarwi una leguminosa de alto valor nutritivo.	20
2.1.4: Situación del tarwi en el Perú	28
2.2: BASES TEÓRICAS.....	33
2.2.1: Generalidades del tarwi	33
2.2.2: Descripción botánica	34
2.2.3: Taxonomía	34
2.2.4: Valor nutricional del tarwi	35
2.2.5: Alimentación en acuicultura.....	38
2.2.6: Cultivo de fase.....	42
2.2.7: Proceso de elaboración de alimento balanceado.....	43
2.3: DEFINICIONES DE FLUJO.....	44
2.3.1: Fabricación de alimento balanceado.	44

III. VARIABLES E HIPÓTESIS	49
3.1: VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	49
3.2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	49
3.2.1: Variable independiente	49
3.2.2: Variable dependiente.....	50
3.3: HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.3.1: Hipótesis general.....	55
IV. METODOLOGÍA.....	56
4.1: TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
4.2: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	56
4.3: POBLACIÓN Y MUESTRA	58
4.3.1: Población.....	58
4.3.2: Muestra	58
4.4: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	59
4.4.1: Métodos analíticos de composición del alimento balanceado extruido para tilapia (Ensayos físico-químicos)	59
4.4.2: Indicadores biológicos utilizados	60
4.4.3: Rendimientos productivos	60
4.4.4: Índices de alimentación	63
4.5: PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
4.5.1: Formulacion y elaboración de dietas extruidas para Tilapia nilotica.	64
4.5.2: Acondicionamiento de los peces	68
4.5.3: Fase experimental	70
4.6: PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS	74
V. RESULTADOS.....	75
5.1: RENDIMIENTOS PRODUCTIVOS	75
5.2: INDICADORES DE CRECIMIENTO.....	81
5.3: ÍNDICES DE ALIMENTACIÓN	87
5.4: COSTO DE ALIMENTACIÓN	90

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	92
6.1: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	92
6.2: CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES	92
VII. CONCLUSIONES	105
VIII. RECOMENDACIONES.....	107
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS.....	124
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	125
OTROS ANEXOS	126

GRÁFICO N° 5. 6: VARIACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (SGR) % DÍA-1 EN LA TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL INCREMENTO DE PESO	82
GRÁFICO N° 5. 7: VARIACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (SGR) % DÍA-1 EN LA TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN	83
GRÁFICO N° 5. 8: EVOLUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (TCA) G. DÍA-1 DE TILAPIA NILOTICA RESPECTO AL INCREMENTO DE PESO	84
GRÁFICO N° 5. 9: VARIACIÓN DEL COEFICIENTE TERMICO DE CRECIMIENTO (CTC) DE TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL INCREMENTO DE PESO	85
GRÁFICO N° 5. 10: VARIACIÓN DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (CTC) DE TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN	86
GRÁFICO N° 5. 11: VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA) DE TILAPIA NILOTICA DURANTE PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN	87
GRÁFICO N° 5. 12: VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA) DE TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PESO	88
GRÁFICO N° 5. 13: VALORES DE LA TASA DE EFICIENCIA PROTEÍCA (PER) DE TILAPIA NILOTICA PARA CON DIFERENTES DIETAS.....	89
GRÁFICO N° 5. 14: VALORES DEL INDICE HEPATOSOMATICO (IHS) OBTENIDOS EN LOS PECES ALIMENTADOS CON DIFERENTES DIETAS.....	90

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 2. 1: CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TARWI 35

CUADRO N° 3. 1: VARIABLES E INDICADORES 49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°2. 1: PRECIO EN CHACRA DE TARWI (NUEVOS SOLES POR KILOGRAMO)	32
TABLA N° 2. 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA NUTRICIONAL DE ALGUNAS VARIETADES DE LUPINUS SPP. (VALORES EN % SOBRE TOTAL DE MATERIA SECA)	36
TABLA N° 2. 3: CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN LA SEMILLA CRUDA DE TARWI	37
TABLA N° 2. 4: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN TARWI (%)	38
TABLA N° 2. 5: REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA PARA TILAPIA	39
TABLA N° 2. 6: REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA (BASE SECA) DE TILAPIA DE VARIAS ESPECIES Y TAMAÑOS.....	40
TABLA N° 2. 7: REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS (BASE SECA) DE TILAPIA ..	41
TABLA N° 4. 1: FORMULACIÓN Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS DIETAS	66
TABLA N°4. 2: COMPOSICIÓN DE PRE MEZCLA.....	67
TABLA N° 5. 1: INDICADORES PRODUCTIVOS OBTENIDOS EN TILAPIA NILOTICA	76
TABLA N° 5. 2: ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL REEMPLAZO DE HARINA DE PESCADO POR HARINA DE TARWI CON BASE AL FCA Y EL COSTO DE ELABORACIÓN POR TONELADA	91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 4. 1: ALIMENTOS EXTRUIDOS ELABORADOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN CON TILAPIA NILOTICA.....	68
FIGURA N° 4. 2: ACONDICIONAMIENTO DE TILAPIAS EN LOS SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN.....	69
FIGURA N° 4. 3: UTILIZACIÓN DE MARCADORES DE PECES EN ALETA DORSAL .	70
FIGURA N° 4. 5: DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN	72
FIGURA N° 4. 4: VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.....	72
FIGURA N° 4. 6: RECOLECCIÓN DE DATOS (PESOS) EN PECES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO.....	73

RESUMEN

Este trabajo fue realizado con la finalidad de evaluar la utilización del tarwi (*Lupinus mutabilis*) como reemplazante de harina de pescado en dietas alimenticias para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Se formularon y elaboraron tres dietas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi (0, 35 y 45 %), asignándosele a cada una de ellas la clave con la inicial de la fuente de reemplazo seguido por el nivel de sustitución de la misma (L-0, L-35 y L-45). Cada dieta fue asignada a un tratamiento por triplicado. Estas dietas fueron formuladas para ser aproximadamente isocalóricas en energía total y similar en contenido proteico y lipídico. Cada tratamiento siguió un protocolo de suministro de alimento, con frecuencias de alimentación de 4 veces por día y tasa de alimentación según pesos obtenidos en cada medición. Se usaron 63 peces con pesos iniciales promedio de $93,04 \pm 2,54$ g y $14,66 \pm 0,59$ cm de longitud estándar además fueron codificados mediante la utilización de marcadores a nivel de la aleta dorsal. Se evaluaron los índices productivos tales como la ganancia de peso y longitud estándar, de igual forma el porcentaje de incremento en peso, factor de conversión alimenticia, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, coeficiente térmico de crecimiento, tasa de eficiencia proteica e índice hepatosomático. Los resultados obtenidos mostraron significativamente mejores índices productivos respecto a la dieta sin sustitución (L-0) cuando se hizo el reemplazo de 35 % de harina de pescado por harina de tarwi (L-35) ($P < 0,05$) sin embargo se observó que la harina de pescado puede ser reemplazada hasta en 45 % en el alimento extruido para tilapia nilótica sin efectos significativos en los índices productivos ($P > 0,05$) además los costos no se vieron negativamente afectados por el nivel de sustitución, mostrando ahorros considerables para los distintos niveles de sustitución.

ABSTRACT

The present work was performed with the purpose to evaluate the use of tarwi (*Lupinus mutabilis*) as a substitute of fishmeal in diets for tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). Three diets were formulated and elaborated with different levels of substitution of fish meal by tarwi meal (0, 35 and 45%), assigning to each of them the key with the initial of the replacement source followed by the level of substitution of it (L-0, L-35 and L-45). These diets were formulated to be approximately isocaloric in total energy and similar in protein and lipid content. Each diet was assigned to a triplicate treatment. Each treatment followed a protocol with feeding frequencies of 4 times per day. 63 fish with initial weights of 93.04 ± 2.54 g and 14.66 ± 0.59 cm of standard length were used, and also they were codified using dorsal fin markers. Productive indexes such as weight gain and standard length were evaluated, as well as the percentage of increase in weight, feed conversion ratio, condition factor, specific growth rate, absolute growth rate, thermal growth coefficient, protein efficiency ratio and hepatosomatic index. The results obtained showed significantly better productive indexes in comparison to the diet without substitution (L-0) when the replacement of 35% of fishmeal by tarwi flour (L-35) was made ($P < 0.05$), however it was observed that can be replaced up to 45% in the food of tilapia nilotica without significant effects on the productive indexes ($P > 0.05$) besides the costs were not negatively affected by the level of substitution, showing considerable savings for the different levels of substitution.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1: Identificación del problema

La acuicultura en las últimas décadas se encuentra en un desarrollo exponencial acelerado, con valores de proyección en crecimiento muy elevados. Dicho crecimiento genera que especies de alto valor comercial como la tilapia, especie que ha tenido buena acogida y grandes cualidades de manejo en nuestro país, vengán cultivándose en grandes cantidades esto con la finalidad de cubrir las necesidades de la demanda, lo cual conlleva al uso de mayor cantidad de piensos para la alimentación de dichos cultivos.

Considerando que la adquisición de piensos representa alrededor del 67% de los costos operacionales, debido a que los principales insumos son harina y aceite de pescado, hace que los costos de producción sean elevados y la rentabilidad sea mínima. (FAO, 2013).

Entre el periodo de referencia 2010-2012 y con una proyección hasta el 2022, los precios de la harina de pescado y el aceite de pescado seguirán aumentando en términos nominales en 6% y 23%, respectivamente, impulsados por una demanda global más fuerte que la oferta (FAO,2013).

Basados en el incremento de precios de la harina y aceite de pescado en la actualidad, nos lleva a deducir el efecto que producirá dichos incrementos en el precio de los piensos para tilapia.

Por este motivo la utilización de insumos de origen vegetal que contengan los requerimientos mínimos nutricionales que puedan suplir parcialmente la utilización de la harina de pescado aportando proteínas, minerales y ácidos grasos a bajo costo es una alternativa coherente en la elaboración de alimento.

1.2: Formulación del problema

1.2.1: Problema general

¿Qué efecto producirá el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en las dietas alimenticias para tilapia nilótica en su crecimiento e índices productivos?

1.3: Objetivos de la investigación

1.3.1: Objetivo general

Evaluar el efecto del reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi sobre el crecimiento e índices productivos en las dietas alimenticias para tilapia nilótica.

1.3.2: Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi en la dieta alimenticia para tilapia nilótica sobre la ganancia de peso, conversión alimentaria, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, tasa de eficiencia proteica, coeficiente térmico de crecimiento e índice hepatosomático.
- Determinar el efecto de la sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi en la dieta alimenticia sobre la ganancia de peso, conversión alimentaria, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, tasa de eficiencia proteica, coeficiente térmico de crecimiento e índice hepatosomático.

- Evaluar el efecto económico del reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi con niveles de 35 y 45% en las dietas alimenticias para tilapia nilotica.

1.4: Justificación de la investigación

1.4.1: Legal

Ley Universitaria, Ley N° 30220 (Directiva N° 011-2013-OSG) y Estatuto de la Universidad Nacional del Callao

1.4.2: Económica

Debido a la demanda mundial por la harina de pescado, utilizada en gran parte por la acuicultura, existe cada vez mayor interés por el uso potencial de fuentes de proteína alternativa, procurando sustituir dichas fuentes por otras sustentables y renovables, o bien reducir su inclusión en los alimentos.

En la actualidad la rápida expansión de la acuicultura ha ocasionado un incremento considerable en la demanda de alimentos balanceados los cuales dependen en buena medida de la inclusión de ingredientes de origen marino. Los alimentos balanceados son esenciales en el desarrollo de la acuicultura y pueden representar porcentajes superiores al 50% de los costos totales de producción en el cultivo de peces en sistemas intensivos. Es por ello que para mantener la sustentabilidad y reducir los costos en la producción de alimentos balanceados para acuicultura, es necesario el uso de diferentes proteínas y aceites de origen vegetal para la

sustitución parcial o total de harinas y aceites de pescado en los piensos.

El cultivo de tarwi se puede llevar a cabo en terrenos poco fértiles y con poco uso de recurso hídrico, su costo de producción es muy bajo en comparación de otras semillas y el nivel de proteínas y ácidos grasos hacen de esta leguminosa un producto de alto valor biológico.

Además, los resultados de la investigación será un gran aporte al desarrollo en la industria de alimento balanceado, ayudando en la inclusión de harinas de origen vegetal con un alto valor proteico.

1.5: Importancia

La alta calidad de la proteína de harina de pescado ha dado como resultado su amplia utilización como principal fuente de proteínas en las dietas para peces cultivados. Se estima que si en el futuro la formulación y producción de dietas prácticas para peces sigue las tendencias actuales, los requerimientos de harina y aceite de pescado para alimentos en acuicultura no serán suficientes para cubrir la creciente demanda, y esto ha llevado a una gran cantidad de investigaciones a lo largo de dos líneas principales. Una de ellas es la reducción del nivel de proteína en la dieta mediante el aumento de la grasa y carbohidratos. La otra línea está dirigida a probar algunas fuentes alternativas de proteínas que, ya sea sola o complementada con aminoácidos apropiados, puede reemplazar parcialmente a la harina de pescado. Por supuesto, las dos posibilidades no son incompatibles. (De la Higuera y Cardenete, 1987). Es por ello que la importancia de este trabajo radica en la utilización del tarwi como fuente alternativa a la harina de pescado, puesto que esta leguminosa de alto valor nutricional que se cultiva

en nuestro país a lo largo de la sierra sur, norte y centro presenta un buen perfil nutricional (véase el Gráfico N° 2.1, en la página "29") lo cual determinará si causa o no un efecto negativo de los índices productivos en el cultivo de tilapia nilótica. Además, al ser un producto de bajo costo permitirá disminuir la utilización de los insumos más dispendiosos (harina de pescado) y por ende la reducción de los costos de producción en acuicultura. Por otro lado, los resultados obtenidos por parte de la presente investigación permitirán tener una base para futuros estudios en materia de formulación de piensos utilizando proteínas de origen vegetal que se produzcan en nuestro país.

II. MARCO TEÓRICO

2.1: Antecedentes del estudio

2.1.1. Situación de la producción de harina de pescado y su importancia como fuente proteica en piensos para peces.

Robaina (1998), menciona que, las características nutricionales más relevantes de la harina de pescado son su elevada concentración de proteínas y aminoácidos esenciales, además de un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-3, vitaminas del complejo B y ácido fosfórico los cuales le confieren un importante rol en el mercado mundial de alimentos para peces, aves, cerdos, vacas y mascotas.

La harina de pescado usada en la manufacturación de los alimentos para peces proviene en su mayoría de especies que no son muy usadas para consumo humano, debido a su tamaño o a que son muy abundantes. (Serrano, 2004).

Las especies pelágicas pequeñas, y en particular la anchoveta, constituyen el grupo más utilizado. (FAO, 2014).

Durante el período comprendido entre 2008 y 2012, el pescado destinado a la elaboración de harina y aceite constituyó aproximadamente del 9-12 % de la producción pesquera total y del 16-20 % de la producción total de la pesca de captura. (FAO, 2014).

En la actualidad alrededor de 21 millones de toneladas se destinaron a productos no alimentarios, de los cuales el 76% se redujo a harina o aceite de pescado en 2014 y el resto se utilizó en su mayoría para otros fines. (FAO, 2016).

Según el estudio realizado por Cashion *et al.* (2017), desde 1950, alrededor de 20 millones de toneladas por año (de pesca) son dirigidos a usos diferentes a la alimentación humana, dentro de la media anual de 20 millones de toneladas, señala que aproximadamente 18 millones de toneladas año se emplean específicamente para la elaboración de harina y aceite de pescado la cual a su vez es usada en alimentación directa para animales y acuicultura.

En los últimos decenios las capturas de anchoveta han experimentado una serie de máximos y caídas drásticas ocasionadas directamente por el fenómeno El Niño. Además, las aplicaciones de medidas de ordenamiento más estrictas han dado lugar a la reducción de las capturas de anchoveta y de otras especies utilizadas normalmente para elaborar harina y aceite de pescado. (FAO, 2014).

La producción de harina de pescado viene determinada por el nivel de recursos disponibles, concentrándose en la explotación de un pequeño número de especies, por consiguiente, es dependiente de su comportamiento. Este tipo de producción trae consigo un tipo de mercado muy inestable, con unas disponibilidades y precios fluctuantes entre un año y otro. (Robaina, 1998).

Además, Bórquez (2008), afirma que la actual situación de las pesquerías y como consecuencia la producción de harina de pescado, el desarrollo vertiginoso de la acuicultura, el crecimiento de la producción en China y la alta competencia por el uso de materias primas proteicas de origen marino han generado la necesidad de buscar y evaluar fuentes alternativas de básicamente harinas de sub-productos animales y harinas de origen vegetal.

Por otra parte, las reducciones de los costos del alimento en la acuicultura son importantes para la sostenibilidad a largo plazo de la industria, y más en la acuicultura rural, donde los márgenes de ganancia frecuentemente tienden a ser marginales. Hay un potencial para la reducción de los costos de alimentación en acuicultura mediante la disminución de las cantidades de los insumos más caros (harina de pescado) en el alimento, a través de la sustitución con alternativas adecuadas y de bajo costo, mientras se asegure que la sustitución no comprometa el crecimiento y la calidad de la población en cultivo. (Cortés, 2010).

2.1.2 Utilización de ingredientes alternativos en la formulación de alimentos para peces

Robaina (1998), resalta que desde un punto de vista nutricional se ha establecido que, independientemente de la especie, la proteína es el ingrediente dietario más importante (30-60% del peso seco) y dentro de ella, la harina de pescado continúa siendo la mayor fuente utilizada (20-60% de la dieta). Debido al elevado costo de las harinas de pescado no es de sorprender que el coste del alimento suponga de entre un 40- 60 % del total de los costes de

producción en empresas dedicadas a la acuicultura intensiva, lo cual supone uno de los mayores inconvenientes para una mayor expansión de esta actividad. (FAO, 1983).

Hoy en día muchos especialistas en nutrición y productores de piensos concentran sus esfuerzos en seleccionar entre una amplia variedad de productos disponibles en la industria de alimentación para acuicultura, a aquellos que pueden ser utilizados en la elaboración de alimentos a menor costo.

Coll (1991), considera que los últimos avances referentes a la formulación de alimentos para peces se basan principalmente en aumentar la eficiencia de conversión de la proteína y en la utilización de fuentes proteicas, que sustituyan la harina de pescado. La sustitución de harina de pescado por otras fuentes alternativas de proteínas tiene como factores determinantes el nivel de sustitución y la calidad de la proteína.

De la Higuera y Cardenete (1987), resaltan que los piensos comerciales para peces incorporan, desde hace tiempo, diversos productos vegetales como aporte energético y, en cierta medida, de proteína. Solo aquellas harinas vegetales con un cierto nivel proteico se consideran como auténticas fuentes alternativas, aunque sus posibilidades como sustitutas a la harina de pescado hayan sido ya establecidas en muchos casos. Así existen productos vegetales que se consideran fuentes proteicas secundarias y cuyo nivel de incorporación a las dietas es, de forma individual, muy restringido (5-15%) no obstante, en su conjunto, estas fuentes proteicas pueden sustituir porcentajes importantes de la harina de pescado.

Olivera, M. y Olivera L. (2016), mencionan que la mayoría de las semillas de leguminosas son usadas

principalmente en la alimentación humana; aun cuando algunas son producidas para la alimentación animal, como es el caso de los lupinos. Otras son cultivadas con fines industriales, como la soya usada principalmente para la extracción del aceite, y cuya harina es empleada en la alimentación animal.

Guillaume y Metallier (2004), recalcan que los granos de leguminosas se promueven, desde hace varios años, en los países de la Unión Europea: habas (*Vicia faba*), altramuces (*Lupinus spp.*) y guisantes (*Pisum sativum*), estos productos contienen de 25 a 45% de proteína en su composición. Mientras que los altramuces son relativamente ricos en aceites y están desprovisto de almidón, las habas y los guisantes son casi igual de pobres en lípidos, pero contienen más almidón que proteínas.

Aunque en algunos casos, la sustitución parcial de la harina de pescado por otras fuentes de proteína en las dietas para peces no llegase a reducir el precio del alimento, si reduciría la dependencia total de la harina de pescado en las industrias productoras de piensos. Con ello se aseguraría el suministro de dietas con buena calidad y relativamente estable dependiente de los defectos en el suministro, calidad y fluctuación de precios de la harina de pescado como única fuente de proteínas (Tacon *et al.*, 1985).

2.1.3 Potencial del (*Lupinus spp.*) tarwi, una leguminosa de alto valor nutritivo.

Existe un interés importante en el uso de proteínas de origen vegetal y dentro de los mismos un interés considerable en los lupinos como sustitutos parciales o totales de harina de pescado en piensos para la acuicultura.

En comparación con otras fuentes de proteína vegetal, el lupino es comparado tan solo con la harina de soja, que actualmente es aceptada y utilizada en gran cantidad en la industria de alimentos balanceados para la acuicultura.

La proteína y lípidos que componen los granos de *Lupinus* o altramuces, constituyen la mayor parte de la energía digerible de este ingrediente en el alimento, la proteína del lupino presenta a menudo una digestibilidad superior al de otras fuentes de proteínas vegetales y animales (Glencross *et al.*, 2006).

Por todas estas características nutricionales el reemplazo de la harina de pescado por harina de lupino en formulaciones dietarias para diferentes especies viene aplicándose por muchos años, tomando como registro estudios iniciales realizados por Groop *et al.* (1979); citados por De la Higuera *et al.* (1988), los cuales experimentaron con trucha arcoíris, obteniendo muy buenos resultados al incluir hasta un 20% de harina de *Lupinus albus* en la dieta.

En el caso de salmónidos se han obtenido resultados favorables, en cuanto a la digestibilidad y crecimiento. Numerosos estudios posteriores han demostrado que el *Lupinus spp* presentan un buen perfil nutricional como ingrediente en muchas formulaciones dietarias.

Autores como De la Higuera *et al.* (1988), reemplazaron hasta un 40% de harina de pescado por harina de lupino (suplementando con lisina y metionina) consiguiendo buenos índices productivos y utilización óptima de la proteína con un nivel de sustitución de 30% en dietas para trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*).

Por otro lado, Hughes (1988), evaluó la harina de lupino como ingrediente dietético para la trucha arcoíris encontrando que la energía bruta, la energía metabolizable y el porcentaje de digestibilidad de proteínas y energía para el altramuz eran 4757 kcal/kg, 2797 kcal/ kg, 85,2% y 66,1%, respectivamente, además recalca la ventaja económica del uso de la harina de *Lupinus spp.* como fuente proteica alternativa en dietas para trucha arcoíris, puesto que a un nivel de inclusión del 40% en la dieta, los resultados obtenidos eran comparables a los que se obtendrían con harina de soja sin desengrasar.

Burel *et al.* (1998), realizaron tres experimentos y un ensayo de digestibilidad con el fin de evaluar la incorporación del lupino blanco (*Lupinus albus*) extruido en dietas para trucha arco iris juvenil. Se probaron tres niveles de sustitución 30%, 50% y 70%. Los hallazgos de los experimentos muestran que el buen rendimiento de crecimiento de la trucha arco iris se obtuvo hasta con 50% de incorporación dietética de lupino blanco. Este alto nivel de incorporación de lupino no indujo cambios en la ingesta de pienso y en la eficiencia alimentaria y permitió una reducción de más de la mitad del nivel de harina de pescado. Otra ventaja del uso de lupino blanco al 50% de incorporación es que su bajo contenido de fósforo puede conducir a una reducción de residuos de este compuesto sin efectos deletéreos en los peces.

Carter y Hauler (2000), demostraron en pruebas experimentales con salmón del atlántico (*Salmo salar*) que el reemplazo de la harina de pescado por harina de lupino de hasta un 33% en dietas extruidas, no afecta el crecimiento de los peces.

Faghangi y Carter (2001), señalan que la inclusión de un 40% de lupino en la dieta de trucha arco iris no presenta efectos significativos en el crecimiento o en la utilización de los nutrientes. La trucha del arco iris utiliza la proteína del lupino tan eficazmente como la proteína de harina de pescado, pero tiene una habilidad menor para utilizar la energía contenida en altos niveles de inclusión de lupino.

Estudios posteriores realizados por Glencross *et al.* (2002), evaluaron el valor de la harina de lupino amarillo (*Lupinus luteus*) en dietas alimentarias para trucha arco iris de agua de mar, dicha formulación proporcionó datos sobre el potencial de este recurso como ingrediente de pienso de alta calidad para la acuicultura. Se elaboraron formulaciones con harina de pescado, harina de pescado más harina de lupino amarillo y harina de pescado más harina de extracción de soya. El peso promedio final de la trucha alimentada con la dieta que contenía harina de lupino amarillo fue significativamente mayor que el de los peces alimentados con la dieta sin inclusión (referencia de la harina de pescado), aunque no significativamente mayor que el de los peces alimentados con harina de extracción de soya. El crecimiento de los peces alimentados con la dieta que incluía lupino amarillo fue similar al promedio de los peces alimentados con cualquiera de las dietas comerciales ensayadas.

Serrano (2004), demostró que el uso del lupino blanco (*Lupinus albus*) en dietas extruidas para trucha arco iris, independientemente de su nivel de incorporación (10%, 15% y 20%), presentan una performance similar de crecimiento a la obtenida por la dieta control. El peso final promedio para las dietas se distribuyó entre los 236g (Dieta control) a 260g

restrictivas de proteínas para permitir la expresión de las diferencias en el contenido de metionina de los alimentos transgénicos y no transgénicos del altramuz demostraron un beneficio significativo del nivel de metionina en el altramuz transgénico.

Sudaryon (2004), desarrolló una comparación de rentabilidad en dietas formuladas para juveniles de langostino jumbo (*Penaeus monodon*) en las que la harina de pescado o la mezcla de harina de pescado más harina de soja, se sustituyeron con harina de lupino (*Lupinus angustifolius*) a diferentes niveles. Se compararon todas las dietas que contenían diferentes niveles de harina de altramuz (0 - 30% y 0 - 48%) en términos de costo total de alimento para determinar la dieta basada en harina de lupino más rentable para juveniles de langostino jumbo criados en corrales bajo condiciones de estanque. Obteniendo buenos resultados con las dietas de 30% y 48% de harina de lupino como sustituto del 75% de proteína de harina de pescado y de la mezcla de harina de pescado más harina de soja, respectivamente.

Smith *et al.* (2006), comparó el rendimiento de las dietas alimenticias para langostino jumbo (*Penaeus monodon*) que contenían la misma cantidad de proteína, pero con aproximadamente 22% y 38% de la proteína dietética proporcionada por la harina de soja y por la harina de semilla de *Lupinus angustifolius*. No encontrando diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre los tratamientos que contenían harina de soja o harina de lupino, independientemente del nivel de inclusión.

Srour (2007), realizó pruebas experimentales con dietas para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando semillas de altramuz azul (*Lupinus angustifolius*) tanto cruda

como cocida, a niveles de inclusión de 0%, 15%, 30%, 45% y 60%, concluyendo que la proteína de lupino no cocida es un ingrediente útil para la alimentación de la tilapia del Nilo. Además, se puede reemplazar hasta un 30% de harina de pescado por harina de lupino sin cocinar, obteniendo ninguna reducción en el crecimiento, pero se encontraron problemas de ingesta de alimento con un mayor reemplazo de la harina de pescado.

Llancabure (2011), elaboró dietas para determinar las necesidades nutricionales del Róbalo (*Elleginops maclovinus*), una de las dietas contó con la inclusión de 20% de lupino como reemplazante proteico de harina de pescado, se compararon cuatro dietas con dos niveles de proteína con y sin lupino en la formulación. No se encontraron diferencias significativas en los índices de crecimiento con los niveles de proteína probados.

Montoya, M. (2012) resume que dado su alto valor alimenticio el *Lupinus spp.* se ha evaluado con buenos resultados, como una alternativa para disminuir la proporción de harina de pescado en dietas para especies acuícolas, como trucha arcoíris, salmón del atlántico, perca plateada, dorada, camarón tigre, camarón blanco, entre otras. El perfil de aminoácidos del grano de lupino es comparable con el de la soya: alto en arginina, lisina, leucina y fenilalanina. La limitación notable del lupino es la deficiencia de metionina y cisteína el cual se puede suplir mediante la adición de premezclas que contengan dichos aminoácidos.

Los diferentes resultados obtenidos por investigaciones pasadas en pruebas con individuos de especies diferentes, en diferentes etapas de desarrollo y el conocimiento del perfil nutricional y requerimientos

alimenticios de la tilapia nilotica nos permitirán tener una idea más clara de los resultados a obtener en el presente estudio.

2.1.4: Situación del tarwi en el Perú

En Perú el cultivo del tarwi ocupa un lugar secundario en la agricultura, a pesar de su relevancia regional y el potencial desarrollo que podría alcanzar.

Álvarez *et al.* (2013), mencionan que el tarwi se cultiva tradicionalmente en los andes desde los 1500 hasta cerca los 4000 msnm; encontrándose sembríos en Perú, Colombia, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Chile y Argentina.

Otras variedades de *Lupinus* son cultivados en Europa, Australia, Sud África y México por su potencial como alimento proteico, mineral y lipídico.

En el Perú es conocido bajo dos nombres, chocho por el norte (Cajamarca) y tarwi por centro y sur (Huaraz, Huancayo, Huánuco, Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno). Cowlin *et al.* (1998); citados por Quispe (2015).

Además, se tiene registro que, en el Perú, el tarwi presenta más de 145 variedades. (Lescano,1994)

El cultivo y producción del tarwi ha tenido un quiebre a partir del año 1977, con el convenio establecido entre el gobierno de Perú y la República Federal de Alemania para implementar el proyecto "Cultivo y Aprovechamiento de los lupinos". Vázquez (1983); citado por Quispe (2015).

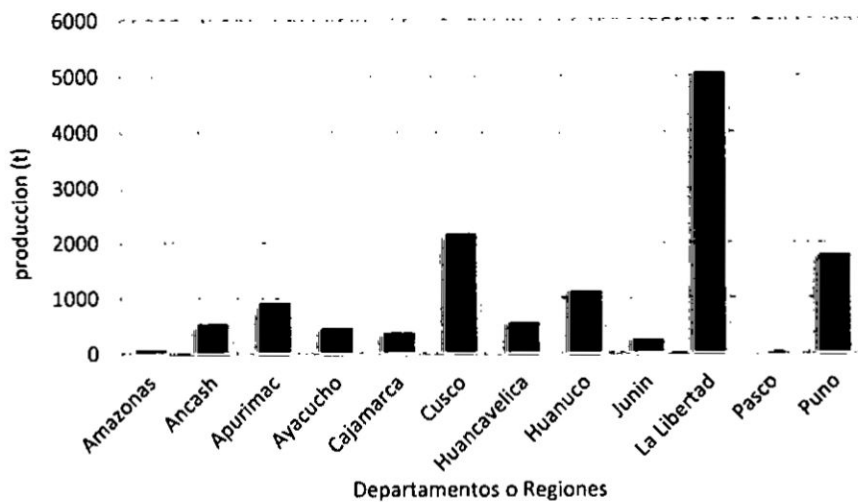
Hasta antes de ese convenio la producción del tarwi en Perú era incipiente, el área de siembra y producción entre los años 1961 a 1976 era en promedio de 1200 hectáreas y

1300 toneladas anuales respectivamente, sin percepción de incremento alguno (FAO, 2013).

A partir de 1977, en solo tres años (1977 - 1979), se incrementó el área cultivada, a más del doble, de 1200 a 4500 hectáreas y la producción se cuadruplicó de 1300 a 5200 toneladas anuales, con rendimientos promedio de 1,1(t/ha) toneladas por hectárea (FAO, 2013).

En el Perú las tres principales regiones donde se ubica geográficamente el tarwi según su nivel de producción son: (a) La Libertad, que concentró el 37,97% de la producción nacional; (b) Cusco, con el 16,25 %; y (c) Puno, con el 10,1%. (MINAGRI, 2015).

GRÁFICO N°2. 1
PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DE TARWI EN EL PERÚ - 2015



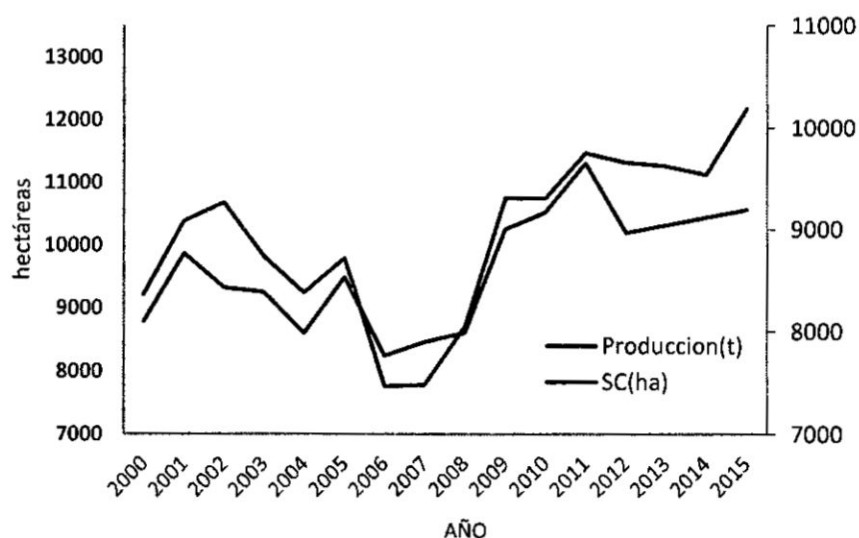
Fuente: MINAGRI (2015)

obtenidos por el Ministerio de Agricultura y Riego demuestran que desde el año 2000 hasta el 2015 el área cosechada de tarwi en Perú permanece dentro del rango de 8355 a 10189

hectáreas de cultivo anuales con niveles de producción promedio de 9637 toneladas y un rendimiento de 1,13 t/ha.

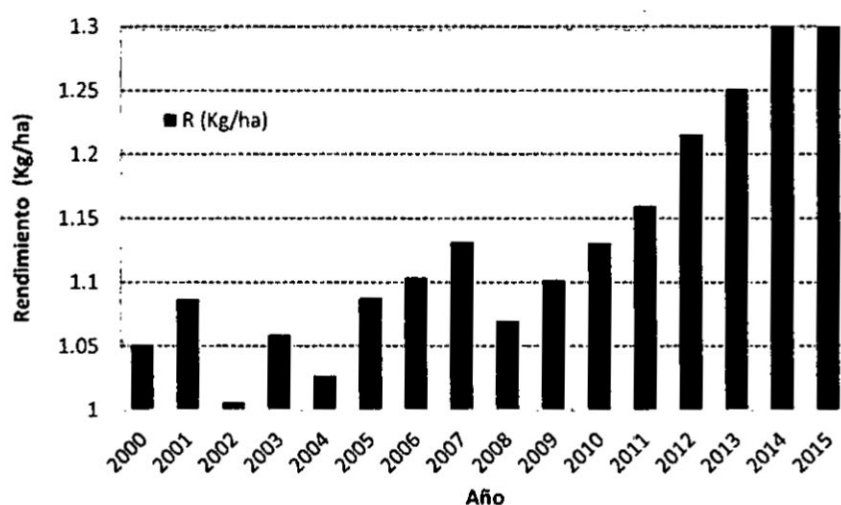
Cabe resaltar un incremento de producción a partir del año 2010 en el que se obtuvo 10521 toneladas y se dejó el periodo de estancamiento que hubo entre el año 2000 y 2008, con una producción anual promedio de 8955 toneladas. Esto denota el trabajo por parte del sector agrícola, sin embargo, dichos valores son poco significativos si son comparados con la producción en otros países como el caso de Chile el cual presentó una producción de tarwi en los últimos diez años (2002 - 2011), de 30 000 a 70 000 toneladas anuales generalmente con tendencia de crecimiento en los próximos años. (FAO, 2013)

GRÁFICO N°2. 2
SUPERFICIE COSECHADA EN HECTÁREAS Y PRODUCCIÓN
EN TONELADAS DE TARWI EN EL PERÚ DEL AÑO 2000 A
2015



Fuente : MINAGRI (2015)

GRÁFICO N°2. 3
RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN ANUAL DEL TARWI EN EL
PERÚ DEL AÑO 2000 A 2015



Fuente : MINAGRI (2015)

Asimismo, se tiene que tener en consideración que el precio promedio del grano de tarwi en chacra es variable a nivel nacional puesto que en muchas regiones aún no se ha puesto en marcha su utilización ya sea para consumo humano o utilización en alimentación para animales. Según región productora se observa que el precio de producción más bajo se encuentra en el la región Apurímac y el más elevado el departamento de Cajamarca.

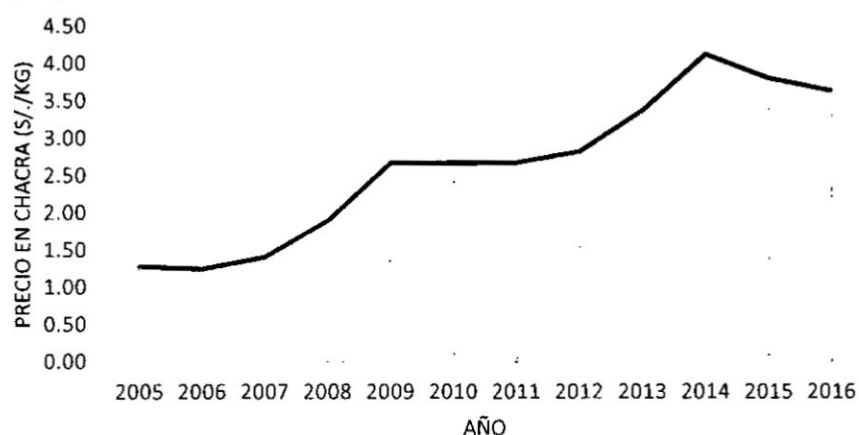
TABLA N°2. 1
PRECIO EN CHACRA DE TARWI (NUEVOS SOLES POR
KILOGRAMO)

DEPARTAMENTO	PRECIO EN CHACRA DE TARWI (S./Kg)
Amazonas	2,59
Áncash	3,89
Apurímac	1,93
Ayacucho	2,50
Cajamarca	4,03
Cusco	2,66
Huancavelica	3,11
Huánuco	3,07
Junín	2,82
La Libertad	2,81
Puno	2,82

Fuente: MINAGRI (2014)

Como se mencionó anteriormente, la superficie sembrada y la cosechada, desde el año 2000 hasta el año 2015, no ha sufrido variaciones resaltantes, pese a eso se ha obtenido un incremento de superficie sembrada y cosechada y es el cultivo alto andino el que arroja menores pérdidas por cosecha. Por el contrario, el precio en chacra por kilogramo sí ha sufrido un incremento alcanzando el año 2014 su precio más elevado. Sin embargo, el precio promedio en chacra es el más bajo si es comparado con otros granos andinos y su precio varía según región.

GRÁFICO N°2. 4
VARIACIÓN PRECIOS EN CHACRA A NIVEL NACIONAL
DEL TARWI EN LOS AÑOS 2005-2016



Fuente: MINAGRI 2017

2.2: Bases teóricas

2.2.1: Generalidades del tarwi

El chocho o tarwi, es una leguminosa originaria de los Andes de Bolivia, Ecuador y Perú, tiene relevancia en la gastronomía de esos países desde la época prehispánica. Su alto contenido de proteínas, mayor que el de la soja, lo hace una planta de interés para la nutrición humana y animal en América Latina (Rodríguez, 2009).

El género *Lupinus* posee unas 200 especies distribuidas en América, es una planta que requiere entre 350-800 mm de precipitación fluvial anual, siendo cultivado en zonas secas, es susceptible al exceso de humedad, y moderadamente susceptible a la sequía durante la floración y envainado. Medianamente tolerante a las heladas en la fase de formación del racimo y madurez, aunque algunos ecotipos

cultivados a orillas del lago Titicaca (Puno), tienen una mayor resistencia al frío. De mejor crecimiento en suelos francos y franco-arenosos, con balance adecuado de nutrientes, buen drenaje y pH que oscila entre 5 y 7. (Rodríguez, 2009)

2.2.2: Descripción botánica.

Las hojas tienen forma alargada generalmente compuesta por 8 folíolos que varían entre ovalados a lanceolados. Referente a las semillas de chocho o tarwi, están incluidas en un número variable en una vaina de 5 a 12cm y varían de forma (redondeada, ovalada, a casi cuadrangular). La variación del tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total. (Farinango y Quizhpi, 2015)

2.2.3: Taxonomía

Este género comprende más de 300 especies en el mundo, pero solo cuatro son de importancia para la agricultura: *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus* y *L. mutabilis*, este último es originario de la zona andina del Ecuador, Perú y Bolivia. Camarena *et al.* (2012); citado por Aguilar (2015)

CUADRO N° 2. 1
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL
TARWI

Nombre Común	Tarwi, Chocho, Tauri
Nombre Científico	Lupinus mutabilis
División	Espermatofitos
Clase	Dicotiledóneos
Orden	Rosales
Familia	Papilionoideas
Género	Lupinus
Especie	Lupinus mutabilis

Fuente: Palacios *et al.* (2004)

2.2.4: Valor nutricional del tarwi

En base a análisis bromatológico, posee un nivel alto de proteína, 16,9% de aceites, 7,65% de fibra cruda, 4,145% de cenizas y 35,77% de carbohidratos aproximadamente, encontrando correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite (Jacobsen y Mujica, 2006).

a) Proteínas y aminoácidos

El valor de proteínas siempre ha sido comparado con la soya, porque posee de 30-42 %, un considerable nivel de lisina (7,3 %) pero carece de aminoácidos sulfurados como la metionina y cisteína esenciales para la síntesis de queratina (Chirinos, 2015).

TABLA N° 2. 2
COMPOSICIÓN QUÍMICA NUTRICIONAL DE ALGUNAS
VARIETADES DE *Lupinus spp.* (VALORES EN % SOBRE
TOTAL DE MATERIA SECA)

COMPUESTOS	Lupino Blanco L. albus	Lupino hojas angostas L. angustifolius	Lupino amarillo L. luteus	Tarwi L. mutabilis
PROTEINAS	36,70	31,10	41,80	42,60
ACEITES	8,7- 16,2	5,30-8,80	4,70-5,70	14,90-25,00
CARBOHIDRATOS	11,60	12,1	11,90	14,40
FIBRA CRUDA	9,80	14,70	15,80	7,30
CAROTENOIDES (mg/100 g)	0,47	0,43	1,25	1,80

Fuente: Álvarez *et al.* (2013)

Actualmente, las especies de lupino blanco (*L. albus*) y lupino de hojas angosta (*L. angustifolius*) son las únicas que poseen un mercado de grano ya establecido internacionalmente, mientras que el tarwi (*L. mutabilis*) tiene una difusión local en los países andinos y el lupino amarillo (*L. luteus*) se lo cultiva preferentemente para abono y forraje. (Álvarez *et al.*, 2013)

TABLA N° 2. 3
CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN LA
SEMILLA CRUDA DE TARWI

Aminoácido	Semillas de tarwi cocidas y desamargadas (g/16g N)	Semillas crudas de tarwi (g/16g N)	Proteína de referencia FAO	Harina de pescado ¹ (g/16g N)
Isoleucina	5,3	4,8	4,0	4,3
Leucina	7,9	7,0	7,0	7,3
Lisina	5,6	5,9	5,5	5,8
Metionina	0,5	0,4	2,0	2,4
Cisteína	1,4	1,2		
Met+Cys	1,9	1,6	3,5	
Fenilalanina	4,2	4,3		4,0
Tirosina	3,9	3,6		3,2
Phe+Tyr	8,1	7,9	6,0	
Treonina	3,6	3,8	4,0	3,6
Triptófano	0,7	0,7	1,0	1,1
Valina	4,5	4,2	5,0	5,4

Fuente: Modificado de Schoeneberger *et al.* (1982).¹Burel *et al.*
(1998)

b) Lípidos

La composición de ácidos grasos de aceite de semilla de altramuz es similar a la del aceite de soja como se informó en otros estudios. Ambos contienen principalmente ácidos grasos insaturados. El contenido de ácido oleico de lupino es significativamente más alto que en la soja, mientras que el contenido de ácido linoleico es menor. La menor concentración de ácido linolénico es beneficiosa para la estabilidad. El ácido erúxico

potencialmente tóxico está ausente en *Lupinus mutabilis*. (Schoeneberger et al., 1982)

**TABLA N° 2. 4
COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS
PRESENTES EN TARWI (%)**

Ácidos	%
Oleico (Omega 9)	40,4
Linoleico (Omega 6)	37,1
Linolénico (Omega 3)	2,9
Palmítico	13,4
Palmitoleico	0,2
Esteárico	5,7
Mirístico	0,6
Araquídico	0,2
Behénico	0,2
Erúxico	0,0
Cociente Polisat/Satur	2,0

Fuente: Jacobsen y Mujica (2006)

2.2.5: Alimentación en acuicultura

La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Durante la fase juvenil pueden alimentarse tanto de fitoplancton, zooplancton, así como pequeños crustáceos. Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2004).

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos

naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente. (Saavedra, 2006)

Se han realizado grandes esfuerzos para incorporar ingredientes vegetales en dietas para tilapia con el objetivo de reemplazar totalmente la harina de pescado. La tendencia general de estos ensayos ha demostrado que el reemplazo de la harina de pescado con una sola fuente proteica vegetal arriba de 25-35 % da lugar a un bajo nivel de crecimiento, el cual es atribuido principalmente a los factores antinutricionales. (Montoya, 2012)

a) Requerimientos nutricionales de la tilapia nilótica

a.1) Proteínas

De acuerdo a FONDEPES (2004), los requerimientos de proteínas para tilapia, según su estadio son los siguientes:

**TABLA N° 2. 5
REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA PARA
TILAPIA**

Fase	Nivel de Proteína (%)
Precria	45
Crecimiento	40
Engorde	28 - 32
Reproductores	35

Fuente: FONDEPES (2004)

Según Mjoun y Rosentrater, (2010), el requisito de la proteína de la tilapia disminuye con la edad,

con altas concentraciones de proteína para los alevines (30-56%) y juvenil (30-40%), los niveles de proteína más bajos para la tilapia grande.

TABLA N° 2. 6
REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA (BASE SECA) DE TILAPIA
DE VARIAS ESPECIES Y TAMAÑOS

Especies	Peso (g)	Requerimiento (% de dieta)	Referencia
O. niloticus	0,5-68,3	40	Al Hafid (1999)
	45,0-76,3	40	
	0,84-22,8	40	Siddiqui et al. (1998)
	40,4-108,8	30	
O. niloticus x O. aureus	21,3-81,5	28	Twibell y Brown (1998)
O. aureus	2,5-16,6	56	Winfree y Stickney (1981)
S. mossambicus	1,83-8,5	40	Jauncey (1981)

Fuente: Modificado de Mjoun y Rosentrater (2010)

La tilapia requiere de 10 aminoácidos esenciales que deben ser aportados por la dieta. El requerimiento de aminoácidos esenciales puede ser satisfechas por el uso de un equilibrio de ambas proteínas de plantas y animales, y si es necesario, mediante la inclusión de aminoácidos sintéticos en la alimentación completa. (Mjoun y Rosentrater, 2010)

TABLA N° 2. 7
REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS (BASE
SECA) DE TILAPIA

Amino ácido	% de proteína dietaria	
	O. niloticus	O. mossambicus
Arginina	4,20	2,82
Histidina	1,72	1,05
Isoleucina	3,11	2,01
Leucina	3,39	3,40
Lisina	5,12	3,78
Metionina	2,68	0,99
Fenilalanina	3,75	2,50
Treonina	7,75	2,93
Triptofano	1,00	0,43
Valina	2,80	2,20

Fuente: Modificado de Mjoun y Rosentrater (2010)

a.2) Lípidos

Los lípidos en la dieta proporcionan una fuente importante de energía, facilitan la absorción de vitaminas solubles en grasa, desempeñan un papel importante en la estructura y función de la membrana, sirven como precursores para las hormonas esteroideas y prostaglandinas, y sirven como fuentes metabolizables de ácidos grasos esenciales. En el caso particular de la tilapia que con aproximadamente 2,5 gramos de peso requiere una concentración óptima de lípidos en la dieta de 5,2%, disminuyendo a 4,4% para peces de hasta 7,5 gramos de peso. Para maximizar la utilización de proteínas, la concentración de grasa en la dieta

debe ser de entre 8 y 12% para tilapias con un peso máximo de 25 g, y del 6 al 8% para los peces más grandes. Como con la mayoría de los peces la tilapia parece tener un requerimiento de ácidos grasos n-6 (Linoleico), y en menor medida, un requerimiento de ácidos grasos n-3 (Linolénico). Los lípidos de la dieta deberán proporcionar al menos 1% de ácidos grasos n-6. Se debe prestar atención cuando los lípidos de la dieta contienen una cantidad considerable de ácidos grasos poliinsaturados para prevenir la oxidación de los lípidos. Los productos resultantes de la oxidación de los lípidos son tóxicos y además reducen la disponibilidad de otros nutrientes e influyen en la calidad de la carne. (Mjoun y Rosentrater, 2010).

2.2.6: Cultivo de fase

a) Engorde

Esta fase comprende la crianza de la tilapia entre los 80 gramos hasta el peso de cosecha según (NICOVITA, 2016) y de 150 gramos a peso de cosecha según (FONDEPES, 2004).

Generalmente se realiza en estanques de 1000 a 5000 m², con densidades entre 1 a 30 peces por m². En densidades mayores de 12 animales por m², es necesario contar con sistemas de aireación o con alto porcentaje de recambio de agua (40 a 50%). (NICOVITA, 2016)

Esta etapa está orientada al mercado local, el cual mantiene una atractiva demanda por ejemplares de 250 -

300 g. Para estos pesos, el tiempo de cultivo en esta fase es aproximadamente 60 – 70 días. (FONDEPES, 2004)

2.2.7: Proceso de elaboración de alimento balanceado

La formulación de las dietas se realizará para satisfacer los requerimientos nutricionales de los peces según la etapa de cultivo, lo cual prioriza el porcentaje proteico y el aporte de aminoácidos esenciales (Hdez *et al.*, 2016).

a) Proceso de extrusión

Es el proceso mediante el cual los ingredientes previamente humedecidos son sometidos a cocción, por aplicación de altas temperaturas y presión por un corto tiempo, bajo la acción de intensa fricción y contacto de la mezcla con las camisas térmicas del extrusor. Además, las mezclas están sometidas a elevadas presiones para luego sufrir una repentina descompresión, lo que permite la expansión del vapor de agua, originándose un pellet liviano y expandido. Para entender cómo se elaboran los alimentos extruidos es necesario que sepamos cómo se produce la expansión. La expansión se da a la salida del dado o cuando la masa amorfa es expuesta a la presión atmosférica. Este cambio súbito de alta presión, dentro del extrusor, a baja presión es lo que produce la expansión, que es básicamente la evaporación del agua a altas velocidades. (Recavarren, 2007)

2.3: Definiciones de flujo

2.3.1: Fabricación de alimento balanceado.

- **Materia prima**

La materia prima son cada uno de los insumos que empleará la industria para la conversión en productos elaborados. En la elaboración de alimentos balanceados la selección de las diversas materias primas a utilizar (trigo, soja, maíz, arroz, harina de pescado, entre otros).

- **Recepción**

La recepción de materias primas es la primera etapa en la elaboración de los alimentos y en este paso es fundamental observar ciertas características de color, olor, textura, temperatura de llegada, empaque y etiquetado. Una inspección breve pero muy completa es necesaria en esta etapa, elaborando un registro basado en los criterios para aceptar o no las materias primas. De preferencia, las materias primas deben recibirse en horas del día en que la temperatura ambiente sea lo más baja posible y su descarga se deberá realizar en un tiempo breve.

- **Molienda**

La molienda es el proceso para reducir el tamaño de las partículas de manera física por medio de un proceso de triturado. La molienda, además, se refiere a la producción de un material homogéneo para la mezcla. En este proceso

mecánico se obtienen partículas que se encuentran entre 400 micromilímetros y 600 micromilímetros de diámetro.

- **Dosificación (pesado)**

Proceso en el cual se hace el pesaje correspondiente de todos los insumos esto para poder establecer el correcto balance en el alimento.

- **Mezclado u homogeneización**

Mezclado u homogeneización es un término empleado en muchos campos tales como la Química, Ciencias agrícolas, Tecnología de los Alimentos. Es un proceso que busca que la mezcla presente las mismas propiedades en toda la sustancia, esto según regla general de la tecnología de los procesos, lo cual mejora la calidad final del producto. En este proceso se adicionan líquidos; el objetivo de la incorporación de líquidos en la elaboración de alimentos balanceados es variado: aporte de energía (grasas animales y vegetales) de azúcares (melaza), de aminoácidos (metionina, lisina), de vitaminas (colina), de antifúngicos, de pigmentantes, de saborizantes, de humedad (agua), etc.

- **Extruido (en caliente)**

La extrusión en caliente es un proceso termo mecánico (inducción de energía térmica y mecánica) que se aplica al alimento utilizando una presión de 25 mega

pascales y alta temperatura que se encuentra entre un rango de 100 a 180°C. La extrusión en caliente sirve además como método de cocción originando algunos cambios en la estructura y composición de los insumos. La compresión la realiza el tornillo sobre las harinas y contra la matriz, este proceso de compresión-extrusión se trabaja con valores de humedad que van desde los 10 a 40 % transformando al material en una mezcla de alta viscosidad dentro del extrusor.

- **Enfriado / secado**

Es el proceso de reducir la humedad y la temperatura del pellet para su mejor conservación. Existen tres tipos de enfriadores: vertical, horizontal y en contracorriente con diferentes modelos en cada caso. No se puede afirmar que un tipo sea mejor que otro, aunque en la actualidad, el vertical es el menos utilizado. Cada fábrica decidirá según su experiencia. El enfriador horizontal se emplea sobre todo en casos de productos de difícil fluidez y con adiciones elevadas de líquido. El enfriador en contracorriente tiene buena utilidad para enfriar productos de fácil fluidez. El principio de contracorriente consiste en que el aire más frío entra en contacto con el pellet más fríos y los más calientes con el aire calentado a través de la capa. En el enfriador vertical los gránulos fluyen por gravedad y el aire es aspirado a través de las dos columnas de pellets por medio de un ventilador. El mejor vehículo para sacar la humedad es el aire seco. Los pellets entran en el enfriador con una humedad de 14-18% y con una temperatura de 60-90° C. A la salida del enfriador habrá una humedad de 11-14% y una

temperatura de 20-30° C. La pérdida de humedad en el enfriador corresponde aproximadamente a la añadida con el vapor. La temperatura a la salida no será superior en más de 5-7° C al ambiente. La velocidad del aire en el enfriador será lo más baja posible, para que enfríe y seque interior y exteriormente el pellet, pero se evite su arrastre por la corriente de aire. La cantidad de aire necesaria dependerá del tiempo de permanencia del producto en el enfriador, así como de la calidad del aire, del espesor de la capa del pellet, del tipo y presentación del alimento balanceado, etc. Con una humedad elevada del aire, es recomendable usar aire caliente para el secado de los pellets.

- **Tamizado**

La tamización o tamizar es un método físico para separar mezclas de dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente. Consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz o cualquier cosa con la que se pueda colar. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las grandes quedan atrapadas por el mismo.

- **Rociado (recubrimiento)**

El rociado o recubrimiento es esparcir una mezcla (emulsión de grasa pulverizada y péptidos) sobre los pellets lo cual le brindará cierta permeabilidad, pudiendo penetrar a los pellets y ayudarlos en el proceso de flotabilidad y transporte ya que reduce la dispersión de las partículas de

alimento y polvo. Además puede influir en la calidad de alimentos acuícolas ya que mejora las propiedades físicas del alimento

- **Secado**

El secado es la remoción de humedad debido a la utilización de corrientes de aire lo que ayuda a la adición más rápida de la emulsión al alimento extruido.

- **Ensamado**

Proceso de empaque, este puede hacerse en envases de polipropileno o en papel con recubrimiento interno de plástico.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1: Variables de la investigación

En el cuadro 3.1 se observan las variables independientes y dependientes.

**CUADRO N° 3. 1
VARIABLES E INDICADORES**

TIPO	VARIABLES	INDICADORES
VI	Proporción de harina de tarwi (HT) y harina de pescado (HP)	100% HP
		35%HT - 65% HP
		45%HT - 55%HP
VD	Ganancia de peso	Prom. peso final (g) - Prom. peso inicial (g)
	Conversión alimentaria	g alimento consumido/ g de peso ganado (pez)
	Factor de condición	Peso total (g)/ Longitud total (cm ³)* 100
	Tasa de crecimiento específico	Ln de peso final-Ln de peso inicial/número de días
	Tasa de crecimiento absoluto	Peso final(g)-Peso inicial(g)/número de días
	Tasa de eficiencia proteica	g de peso ganado (pez)/g proteína entregada
	Coefficiente térmico de crecimiento	Prom. peso final ^{0.333} (g) - Prom. peso inicial ^{0.333} (g)/Temperatura(°C)*tiempo(días)
	Índice hepatosomático	g de hígado/g de pez

3.2: Operacionalización de variables

3.2.1: Variable independiente

Proporción de harina de lupinus y harina de pescado

Definición conceptual

- Sustitución del 35% de harina de pescado (HP) por harina de tarwi (HT).
- Sustitución del 45% de harina de pescado (HP) por harina de tarwi (HT).

Definición operacional

Se elaborarán tres dietas con un nivel protéico aproximado de 35%; la harina pescado será sustituida por harina de tarwi en 0%, 35% y 45%.

3.2.2: Variable dependiente

- Ganancia de peso (GP)

Definición conceptual

Promedio de peso final menos promedio de peso inicial.

Definición operacional

$$GP = (PP_f - PP_i)$$

PP_f: Peso promedio final

PP_i: Peso promedio inicial

- Factor de conversión alimenticia (FCA)

Definición conceptual

Es la relación que nos expresa la cantidad de alimento consumido para la ganancia de una unidad de peso de pez (g. , kg.).

Definición operacional

$$FCA = \frac{CAC}{PPG}$$

CAC: Cantidad de alimento consumido

PPG: Peso de pez ganado

- Tasa de eficiencia proteica (PER)

Definición conceptual

Es la relación del peso ganado de un animal por cada unidad de proteína dada en el alimento. Un alimento con mejor cantidad de proteína tendría mayor tasa de eficiencia que otro con proteína de menor calidad.

Definición operacional

$$PER = \frac{GP}{PA} \times 100$$

GP: Ganancia de peso

PA: Proteína del alimento consumido

- Factor de condición (K)

Definición conceptual

Es la relación que nos expresa el estado nutricional del pez

Definición operacional

$$K = \frac{P_t}{L_t^3} \times 100$$

P_t : *Peso total*

L_t : *Longitud total*

- Tasa de crecimiento específico (SGR)

Definición conceptual

Expresa el crecimiento en porcentaje por día.

Definición operacional

$$SGR = \frac{\ln P_f - \ln P_i}{ND} \times 100$$

P_f: Peso final

P_i: Peso inicial

ND: Número de días

- Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

Definición conceptual

Expresa el crecimiento en gramos del pez por día.

Definición operacional

$$TCA = \frac{P_f - P_i}{ND}$$

P_f: Peso final

P_i: Peso inicial

ND: Número de días

- Coeficiente térmico de crecimiento (CTC)

Definición conceptual

Es la constante que nos permite determinar el peso del pez en diferentes intervalos de tiempo y temperatura.

Definición operacional

$$CCT = \frac{PP_f^{0.333} - PP_i^{0.333}}{T \cdot t}$$

P_f: *Peso promedio final*

P_i: *Peso promedio inicial*

T: *Temperatura (°C)*

t: *tiempo (días)*

- Índice hepatosomático (HSI)

Definición conceptual

El índice hepatosomático (HSI) se define como la relación existente entre el peso del hígado del pez y el peso corporal total.

Definición operacional

$$HSI = \frac{\text{Peso hígado (g)}}{\text{Peso pez (g)}} \times 100$$

3.3: Hipótesis de la investigación

3.3.1: Hipótesis general

El reemplazo parcial de harina de pescado (HP) por harina de tarwi (HT) en las dietas formuladas para tilapia nilótica afectarán significativamente el crecimiento (ganancia de peso y talla) e índices productivos.

IV. METODOLOGÍA

4.1: Tipo de investigación

La investigación que presentamos, es:

Aplicada, porque el propósito fue resolver un problema de naturaleza práctica en la elaboración de alimento balanceado para tilapias, con reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi mediante las adecuadas proporciones de los componentes aplicando los resultados.

Experimental, porque se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones; donde cada tratamiento representó los diferentes niveles de harina de tarwi que sustituyó a la harina de pescado.

4.2: Diseño de investigación

El diseño de investigación que presentamos en este trabajo de investigación, fue un diseño completamente al azar con repetición; donde X_1 y X_2 representó los diferentes niveles de harina de tarwi que sustituyeron a la harina de pescado.

- Nominación del diseño de investigación

R	G₁	O₁	X₁	O₂
R	G₂	O₃	X₂	O₄
R	G₃	O₅	-	O₆

R = Randomización o aleatorizados.

G = Grupos experimentales.

X = Manipulación.

O = Post pruebas.

- = Grupo control.

X₁ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 35%.

X₂ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 45%.

— = Alimento control.

4.3: Población y muestra

4.3.1: Población

- La población estuvo constituida por 63 tilapias obtenidas de los tanques de cultivo de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Se realizó 2 pruebas y se tuvo un grupo control cada uno con tres repeticiones.
- Las pruebas experimentales con reemplazos de 35 y 45% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi y el grupo control con 100% de harina de pescado.

4.3.2: Muestra

- La muestra estuvo constituida por 63 juveniles de tilapia de 90 a 100 g de peso promedio y 18 cm de longitud total promedio distribuidos en las 9 unidades experimentales (7 individuos por unidad experimental) de acuerdo al diseño de la investigación.
- La toma de datos (peso-talla) se realizó semanalmente.

4.4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1: Métodos analíticos de composición del alimento balanceado extruido para tilapia (Ensayos físico-químicos)

Los métodos de análisis se llevaron a cabo en La Molina calidad total laboratorios (Universidad Nacional Agraria La Molina), el análisis en las diferentes muestras se realizaron por duplicado según las técnicas siguientes:

- **Proteína cruda** (g / 100g de muestra original) (Factor: 6,25) según: Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC International, AOAC 954.01 Cap. 4, Pág. 24, 20th Edition 2016.
- **Cenizas** (g / 100g muestra original) según: Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC International, AOAC 942.05 Cap. 4, Pág. 8, 20th Edition 2016.
- **Grasa** (g / 100g muestra original) según: Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC International, AOAC 920.39 Cap. 4, Pág. 40, 20th Edition 2016.
- **Humedad** (g / 100g muestra original) según: Métodos Oficiales de Análisis de la AOAC International, AOAC 934.01 Cap. 4, Pág. 1, 20th Edition 2016.
- **Fibra cruda** (g / 100g muestra original) según: Norma Técnica Peruana NTP 205.003. 1980 (Revisada al 2011).
- **% Kcal. Proveniente de grasa** según: Calculo MS-INN Collazos (1993)
- **% Kcal. Proveniente de proteínas** según: calculo MS-INN Collazos (1993).
- **Carbohidratos** (g / 100g muestra original) según: calculo MS-INN Collazos (1993).

- **Energía total** (g / 100g muestra original) según: calculo MS-INN Collazos (1993).
- **% Kcal proveniente de Carbohidratos** según: calculo MS-INN Collazos (1993).

4.4.2: Indicadores biológicos utilizados

Al término del experimento en cada tanque, se evaluó los resultados obtenidos a lo largo de la fase experimental tales como la ganancia de peso y longitud estándar que fueron realizadas en cada tanque por separado con equipos básicos de mediciones como el ictiómetro, para saber el largo del pez y una balanza para obtener los pesos de cada individuo, de igual forma se determinó el porcentaje de incremento en peso, factor de conversión alimenticia, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, el coeficiente térmico de crecimiento y la tasa de eficiencia proteica.

4.4.3: Rendimientos productivos

El monitoreo del crecimiento se dio mediante el seguimiento del peso (g) y la longitud total (cm), con el fin de evaluar la isometría en el crecimiento en todos los tratamientos, de relación peso-talla fue modelada siguiendo una función potencial:

$$P = aL^b(g)$$

P = peso (g)

L = Longitud total (cm)

Independientemente en cada tratamiento se verifico si $b=3$

El factor de condición (K) es un indicador estimado para conocer el periodo en el que la especie alcanza su grado máximo de bienestar o robustez. (Ramos, 2009). La estimación de la condición biométrica en cada tratamiento mediante el factor de condición (K) se dio con la siguiente formula:

$$K = \frac{P_t}{L_t^3} \times 100 \text{ (g.cm}^{-3}\text{)}$$

P_t : Peso total

L_t : Longitud total

Con referente a los indicadores de crecimiento se tomaron los siguientes:

Tasa de crecimiento específico (SGR) expresa el crecimiento en peso del pez diariamente influenciado por el espacio, alimento, y temperatura. (Delgado, 2009) fue estimada con la siguiente formula:

$$SGR = \frac{\ln P_f - \ln P_i}{ND} \times 100$$

P_f : *Peso final*

P_i : *Peso inicial*

ND : *Número de días*

Tasa de crecimiento absoluto (TCA) expresa el crecimiento en peso del pez durante el tiempo de experimentación influenciado por el espacio, alimento, y temperatura. (NICOVITA, 2016)

$$TCA = \frac{P_f - P_i}{ND}$$

P_f: *Peso final*

P_i: *Peso inicial*

ND: *Número de días*

Coeficiente térmico de crecimiento (CTC) es la constante que nos permite determinar el peso del pez en diferentes intervalos de tiempo y temperatura. (Saavedra, 1982) esta expresado con la siguiente formula:

$$CCT = \frac{PP_f^{0.333} - PP_i^{0.333}}{T \times t} \times 100$$

PP_i: *Peso promedio inicial*

T: *Temperatura (°C)*

t: *tiempo (días)*

Porcentaje de incremento en peso

$$\%IP = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100$$

PP_f: Peso final

PP_i: Peso inicial

Índice hepatosomático (IHS)

El índice hepatosomático (HSI) se define como la relación existente entre el peso del hígado del pez y el peso corporal total. (Robaina, 1995). Se registró en los peces sacrificados al finalizar el experimento, el peso corporal total, y el peso del hígado, determinando el índice hepatosomático (IHS) mediante la siguiente expresión:

$$IHS = \frac{\text{Peso hígado (g)}}{\text{Peso pez (g)}} \times 100$$

4.4.4: Índices de alimentación

El factor de conversión alimenticia (FCA) indica la transformación del alimento consumido por los peces en tejido corporal. Es el índice más usual para medir la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. (Saavedra, 2006) esta expresado mediante la fórmula:

$$FCA = \frac{CAC}{PPG}$$

CAC: Cantidad de alimento consumido

PPG: Peso de pez ganado

Tasa de eficiencia proteica (PER) es el peso ganado de un animal por cada unidad de proteína dada en el alimento. Un alimento con mejor calidad de proteína tendría mayor tasa de eficiencia que otro con proteína de menor calidad. Considerando que la proteína es lo más costoso del alimento, el acuicultor debería buscar, más que una dieta barata, una dieta con la mejor PER posible para hacer más rentable su negocio. El PER se calcula mediante la siguiente formula:

$$PER = \frac{GP}{PA} \times 100$$

GP: Ganancia de peso

PA: Proteína del alimento consumido

4.5: Procedimientos de recolección de datos

4.5.1: Formulación y elaboración de dietas extruídas para Tilapia nilotica.

Fueron evaluadas tres dietas extruídas, una dieta sin inclusión de tarwi y dos experimentales con sustituciones de 35 y 45% de harina de pescado por harina de tarwi. Las

formulaciones se realizaron mediante programación lineal, considerando los niveles de proteína, lípidos, carbohidratos, fibra, ceniza y humedad de los insumos, además de las variables de proceso implicadas para fabricar estos productos como son: porcentaje mínimo de almidón extruible, porcentaje de humedad, temperatura y presión en el proceso de extruido.

La formulación y composición proximal de las dietas se muestra en la Tabla N°4.1. Además, se utilizó una premezcla para la estandarización de aminoácidos los cuales se muestran en la Tabla N°4.2

TABLA N°4. 1
FORMUALCIÓN Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS DIETAS

	Dietas experimentales		
	L0	L35	L45
Ingredientes (%)			
Harina de pescado ^a	36.26	23.57	19.94
Harina de soya ^b	21.13	21.13	21.13
Harina de maíz ^c	10.41	10.41	10.41
Harina de trigo ^d	25.17	25.17	25.17
Harina de tarwi ^e	0	12.69	16.32
Aceite de pescado ^f	1.98	1.98	1.98
Pre mezcla	4.1	4.1	4.1
Melaza	0.95	0.95	0.95
Composición Proximal			
Proteína cruda (g/100g de muestra original)	39.4	36.3	37.1
Cenizas (g/100g de muestra original)	7.9	6.8	7
Grasa (g/100g de muestra original)	5.5	5.5	8.7
Humedad (g/100g de muestra original)	8	8.4	7.8
Fibra Cruda (g/100g de muestra original)	2.6	3.2	3.9
% Kcal. proveniente de Grasa	13.6	13.5	20.4
% Kcal. Proveniente de Proteínas	43.3	39.6	38.6
Carbohidratos (g/100g de muestra original)	39.2	43	39.4
Energía Total (Kcal/100g de muestra original)	363.9	366.7	384.3
% Kcal. Proveniente de Carbohidratos	43.1	46.9	41

^aHarina de pescado peruana, Super Prime (HAYDUK S.A.): 68% proteína cruda y 10% lípido crudo. ^bJ&R alimentos balanceados oleaginosos S.A.C.: 48% proteína cruda. ^cElaboración propia. ^dElaboración propia: 15 % proteína cruda. ^eElaboración propia: 42,60 % proteína cruda. ^fAceite de pescado peruano (*Pesquera Diamante S.A.*). Los análisis proximales de las dietas L-0, L-35, L-45, fueron analizadas por La Molina Calidad Total Laboratorios.

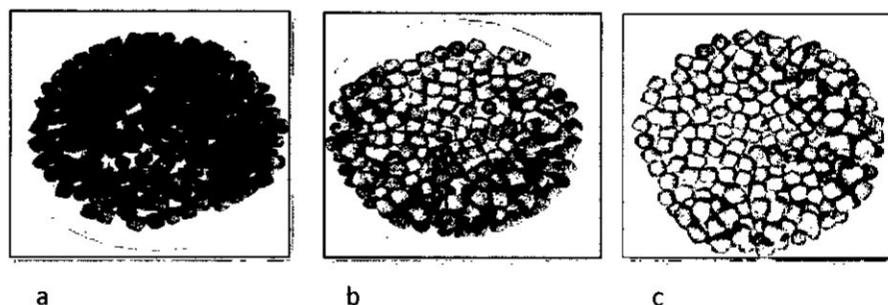
TABLA N°4. 2
COMPOSICIÓN DE PRE MEZCLA

Aminoácidos de Alta Digestibilidad	Péptidos Total %
Alanina	2.38
Arginina	1.95
Ácido Aspártico	3.74
Cistina	0.30
Ácido Glutámico	5.62
Glicina	2.85
Histidina	1.47
Isoleucina	1.77
Leucina	2.66
Lisina	3.98
Metionina	3.28
Metionina/Cistina	1.10
Fenilalanina	1.18
Prolina	2.07
Serina	1.46
Treonina	1.66
Triptofano	0.31
Valina	1.99
Minerales	%
Fosforo	0.43
Calcio	0.11
Selenio	5.4 ppm
Hierro	60 ppm
Zinc	50 ppm
Acidos organicos + antioxidantes	7%
Energia metabolizable	1700 kcal/kg

Fuente: Propia

La fuente de variación de cada dieta experimental estará dada por los niveles de reemplazo parcial de la harina de pescado. En las dietas experimentales se reemplazó en un 0, 35 y 45% de la harina de pescado por harina de Tarwi, asignándosele a cada una de ellas la clave con la inicial de la fuente de reemplazo seguido por el nivel de sustitución de la misma (L-0, L-35 y L-45) (véase la figura N° 4.1).

FIGURA N° 4. 1
ALIMENTOS EXTRUIDIDOS ELABORADOS PARA LA
EXPERIMENTACIÓN CON TILAPIA NILOTICA



a. Dieta L-0 (Sin sustitución de harina de pescado por harina de tarwi);
b. Dieta L-35 (Con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi);
c. Dieta L-45 (Con sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi)

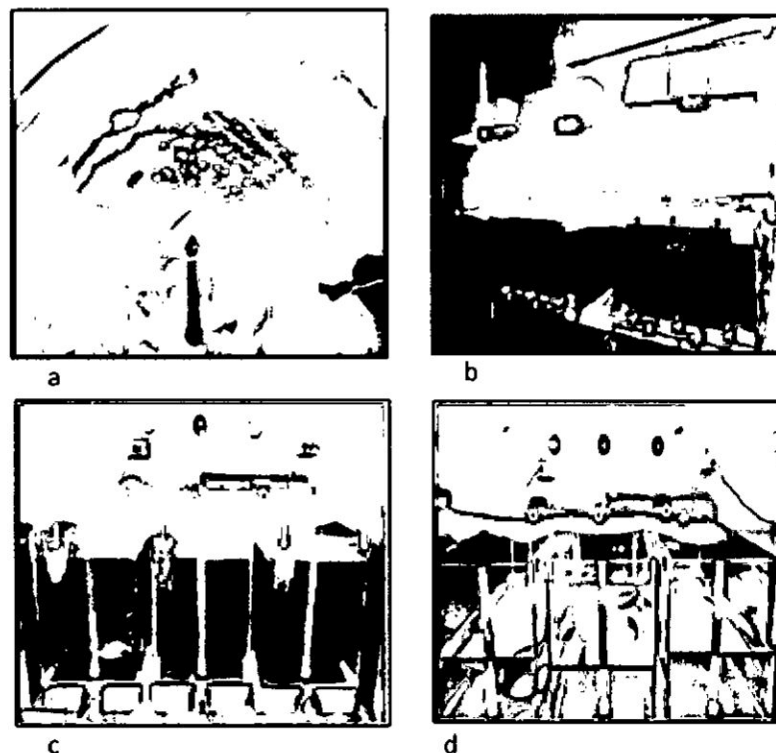
Se usó una dieta control con 0% de inclusión de harina de tarwi, como base de comparación de los resultados frente a las otras dos formulaciones (véase la figura N° 4.1, letra a). Las dietas fueron formuladas con la finalidad de ser aproximadamente isocalóricas en energía total y similares en el contenido de proteico y lipídico.

4.5.2: Acondicionamiento de los peces

El desarrollo experimental del proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de acuicultura y nutrición de Chucuito;

perteneciente a la Escuela de ingeniería pesquera de la Universidad Nacional del Callao. Se trabajó con juveniles de Tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*) con un peso inicial de $76,2 \pm 6,14$ g y de $13,5 \pm 5,89$ cm de longitud estándar, los que fueron mantenidos por 30 días en un estanque de $1,5 \text{ m}^3$ para ser aclimatados a sus nuevas condiciones de cautiverio (véase la figura N° 4.2, letra a). Durante este periodo fueron alimentados con una dieta comercial para tilapias de 40% de proteína y 5% de lípidos (Aquatech tilapia 40). Antes de distribuir los peces en los estanques experimentales, se dejaron en ayuno por 24 h para ser pesados y medidos.

FIGURA N° 4. 2
ACONDICIONAMIENTO DE TILAPIAS EN LOS
SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN

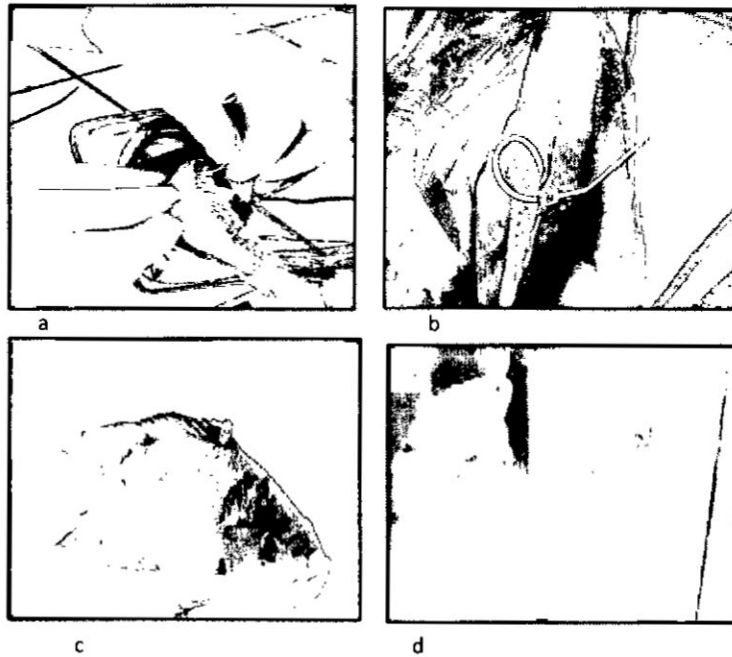


a. Fase de aclimatación de peces; b. Sistema de recirculación;
c. Fase de inicio del experimento; d. Regulación de agua en el sistema.

4.5.3: Fase experimental

Después del acondicionamiento, 63 juveniles de tilapia nilotica fueron seleccionados del grupo inicial con un promedio de peso $93,04 \pm 2,54$ g y $14,66 \pm 0,59$ cm de longitud estándar además fueron codificados mediante la utilización de marcadores a nivel de la aleta dorsal (véase la figura N° 4.3), esto con la finalidad de tener un registro más exacto de cada individuo.

FIGURA N° 4. 3
UTILIZACIÓN DE MARCADORES DE PECES EN
ALETA DORSAL



a. Incisión en aleta dorsal; **b.** Colocación de marcadores; **c.** Vista de pez con marcador; **d.** Peces con marcadores en los sistemas

Durante la experimentación se ocupó 3 sistemas de recirculación independientes (véase la figura N° 4.2, letra b, en la página "69") cada sistema compuesto por 3 tanques de 127 litros fue sometido a una de las dietas formuladas: con sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (L-45), con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (L-35) y con 0% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi (L-0). Los peces se distribuyeron al azar en grupos de 7 individuos por tanque.

El abastecimiento de agua a cada tanque se realizó por bombeo con una tasa de recambio de 251%/hora. La temperatura promedio del agua fue de $29,5 \pm 0,11$ °C y con un rango de oxígeno de 4-6 mg/L (véase la figura N° 4.2, letra d, en la página "69").

Los sistemas de recirculación poseen un filtro mecánico-biológico, calentadores de agua para mantener la temperatura controlada, a su vez cada tanque contó con un sistema de aireación para mantener la calidad del agua en óptimas condiciones.

Los tratamientos fueron ensayados por triplicado, la entrega de alimento fue de forma manual utilizando tasas de alimentación según al desarrollo del peso de los peces, los siete días de la semana se siguió un protocolo con frecuencias de alimentación de 4 veces por día. Diariamente se registró la temperatura, concentración de oxígeno y gramos de alimento; cada 3 días se llevó a cabo la medición de parámetros como nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amonio (NH_4^+), amoníaco (NH_3), fosfatos (PO_4^{3-}), pH y cada 10 días la medición de dureza (gH) y alcalinidad (KH) del agua en

cada tanque, dichas mediciones fueron cuantificadas mediante el uso de un kit para análisis de agua de la marca Sera.

FIGURA N° 4. 5
VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN

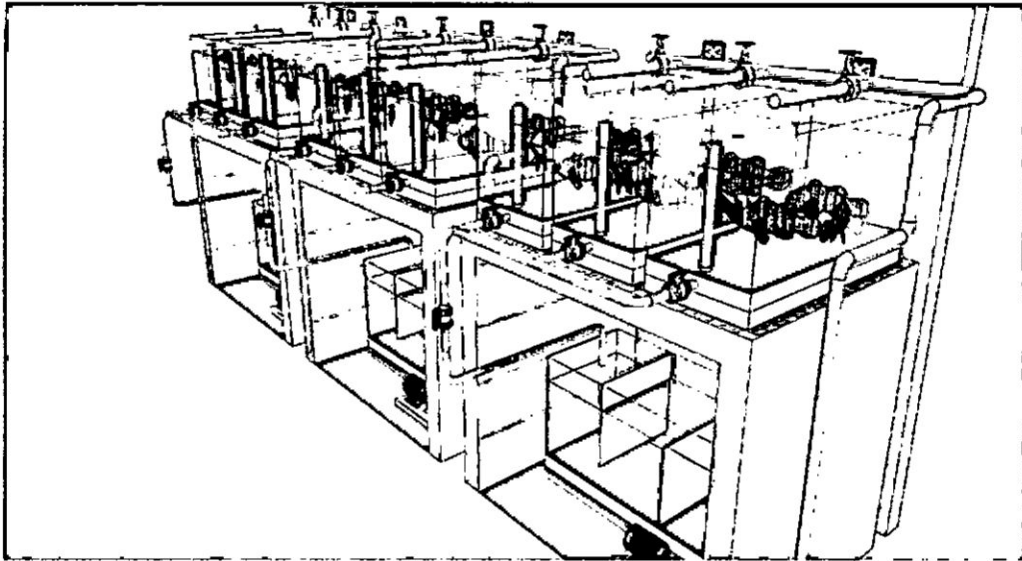
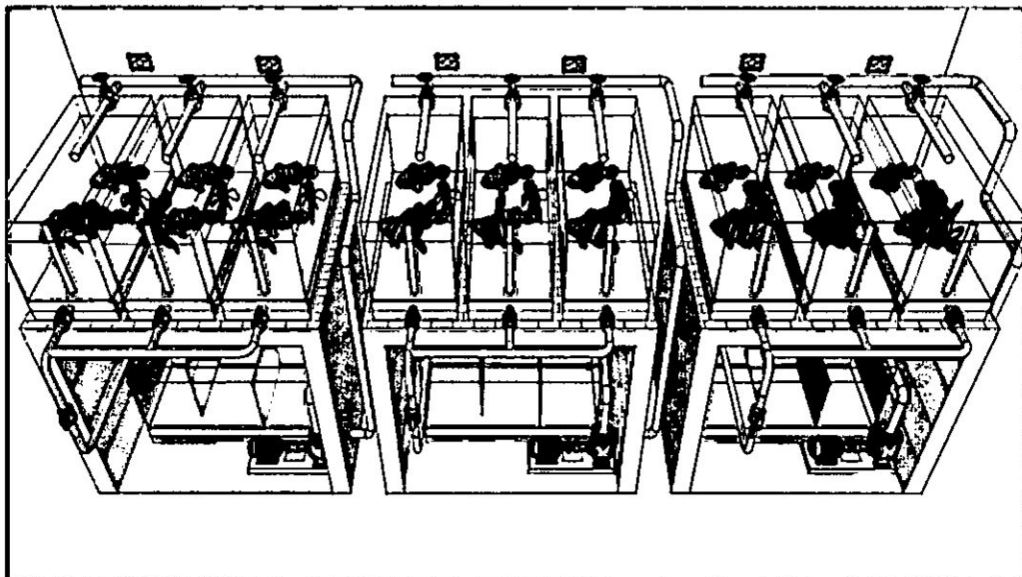
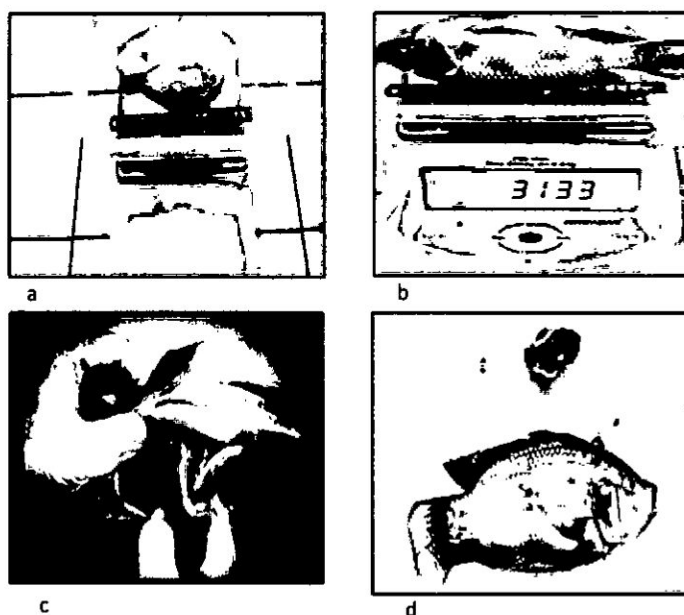


FIGURA N° 4. 4
DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN



El proyecto tuvo una duración de 13 semanas. Con el fin de obtener mayor cantidad de datos respecto a los indicadores como ganancia de peso y talla, coeficiente térmico de crecimiento (CCT), tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específico (SGR), factor de condición (K); el bioensayo se realizó cada 7 días. Para el muestreo se utilizó una balanza marca ADAM (Modelo PGW 2502e) de 0,01 g de precisión y un ictiómetro de 0,1 cm de precisión. El muestreo se realizó luego de 24 h de ayuno.

FIGURA N° 4. 6
RECOLECCIÓN DE DATOS (PESOS) EN PECES
UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO



a y b. Medición del peso y talla (biometría); **c y d.** Disección de peces al final del estudio para toma de muestras del hígado y vísceras.

4.6: Procesamiento estadístico y análisis de datos

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el programa SPSS 24. Los datos se sometieron a análisis de varianza de una vía (ANOVA) y las diferencias entre medias se comparó mediante el test de Tukey con un intervalo de confianza del 95% ($p < 0,05$). Previo a la aplicación de la ANOVA se verificó el supuesto de homogeneidad de varianzas, a través la prueba de Levene. La normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba Shapiro-Wilk. La relación de isometría peso-talla, fue comprobada con el modelo potencial de exponente cúbico para $b=3$, se realizó una prueba de hipótesis estadística t-Student para corroborar la igualdad del exponente a un valor de 3.

V. RESULTADOS

5.1: Rendimientos productivos

Durante las 13 semanas de experimentación, todas las dietas elaboradas no tuvieron problemas de atractabilidad ni aceptabilidad.

La Tabla N° 5.1 muestra resultados obtenidos por los diversos indicadores productivos estudiados: Factor de condición (K), tasa de crecimiento específico (SGR), tasa de crecimiento absoluto (TCA), coeficiente térmico de crecimiento (CTC), Porcentaje incremento en peso (%IP), Índice hepatosomático (IHS), factor de conversión alimenticia (FCA) y tasa de eficiencia proteica (PER).

TABLA N° 5. 1
INDICADORES PRODUCTIVOS OBTENIDOS EN TILAPIA NILOTICA

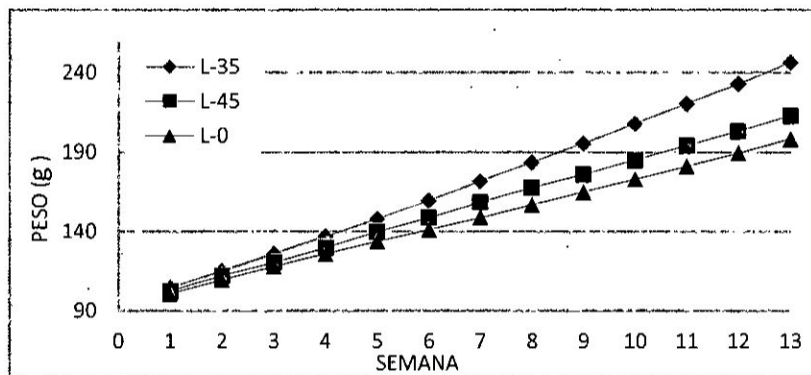
Índices Productivos	Porcentaje de <i>Lupinus Mutabilis</i> en la dieta								
	L-35			L-45			L-0		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso Inicial (g)	93.2±2.95	94.4±2.51	93.4±3.13	92±2.74	92.6±2.51	92.6±2.79	92±2.74	93±2	94.2±2.39
Peso final (g)	250.4±17.18	238.6±16.04	249.4±35.19	210.8±30.38	221.4±41.88	206.4±38.78	201.4±25.19	197.8±43.30	196±39.15
Biomasa inicial (g)	466	472	467	460	463	463	460	465	471
Biomasa final (g)	1252	1193	1247	1054	1107	1032	1007	989	980
% IP (con respecto al peso inicial)	89.85±50.50	78.16±46.07	85.49±50.84	70.77±35.59	76.61±61.60	64.18±36.86	65.89±34.57	60.08±32.65	55.74±33.36
LE inicial	14.8±0.45	14.4±0.55	14.3±0.67	15.3±0.97	14.7±0.27	14.8±0.57	14.6±0.55	14.6±0.42	14.5±0.50
LE final	20.5±0.50	19.4±0.42	19.8±1.04	19.7±1.20	19.7±1.10	19.2±1.25	19.4±0.55	19.4±1.29	18.8±1.15
TCA	1.71±0.04	1.48±0.06	1.57±0.13	1.36±0.07	1.46±0.04	1.21±0.03	1.27±0.06	1.16±0.05	1.03±0.07
SGR	1.35±0.23	1.18±0.14	1.23±0.11	1.13±0.20	1.18±0.19	1.01±0.12	1.07±0.17	0.98±0.15	0.87±0.05
FCA	1.70±0.46	1.57±0.33	1.49±0.09	1.69±0.42	1.59±0.53	1.85±0.31	1.71±0.47	1.61±0.29	1.61±0.23
K	1.76±0.07	1.76±0.05	1.68±0.07	1.53±0.04	1.61±0.07	1.59±0.04	1.57±0.06	1.50±0.05	1.69±0.04
CTC	$0.75 \cdot 10^{-3} \pm 0.094 \cdot 10^{-3}$	$0.66 \cdot 10^{-3} \pm 0.051 \cdot 10^{-3}$	$0.69 \cdot 10^{-3} \pm 0.035 \cdot 10^{-3}$	$0.63 \cdot 10^{-3} \pm 0.089 \cdot 10^{-3}$	$0.66 \cdot 10^{-3} \pm 0.077 \cdot 10^{-3}$	$0.56 \cdot 10^{-3} \pm 0.048 \cdot 10^{-3}$	$0.59 \cdot 10^{-3} \pm 0.076 \cdot 10^{-3}$	$0.56 \cdot 10^{-3} \pm 0.082 \cdot 10^{-3}$	$0.48 \cdot 10^{-3} \pm 0.016 \cdot 10^{-3}$
PER	1,68	1,46	1,93	1,59	1,86	1,35	1,77	2,15	2,21
IHS	2.01±0.13	2.10±0.14	2.04±0.31	2.46±0.33	2.37±0.43	2.54±0.45	2.56±0.28	2.66±0.46	2.68±0.51

Fuente: Propia

L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi, L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi, L-0: Sustitución de 0%. 1, 2 y 3 repeticiones correspondientes a L-35; 4, 5 y 6 repeticiones correspondientes a L-45; 7, 8 y 9 repeticiones correspondientes a L-0.

En los distintos tratamientos se observó diferencias de crecimiento (véase el gráfico N° 5.1), se registró pesos finales promedio significativamente mayores ($p < 0,05$) en los peces alimentados con la dieta L-35 ($246,1 \pm 6,5$ g). Además, se obtuvo un peso promedio importante en los peces alimentados con la dieta L-45 ($212,9 \pm 7,7$ g). En la dieta L-0 el peso promedio final ($198,4 \pm 2,7$ g) registrado fue considerablemente menor respecto a L-35, pero estadísticamente similar a L-45 ($p > 0,05$).

GRÁFICO N°5. 1
EVOLUCIÓN DEL PESO DE LOS JUVENILES DE
TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE
EXPERIMENTACIÓN

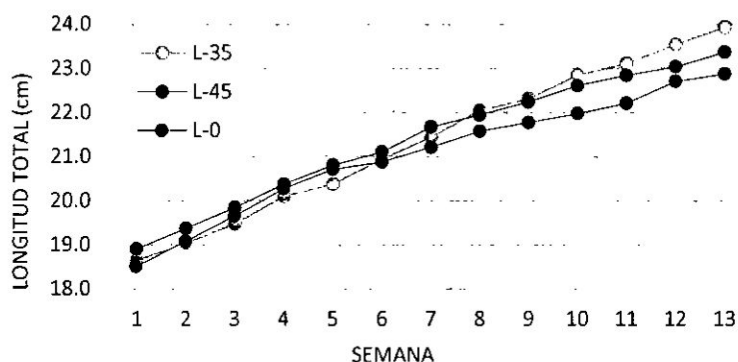


Fuente :Propia

Registros durante las trece semanas de experimentación con dietas L-35: sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde)

Las tallas promedio en los peces alimentados con la dieta L-35 ($23,9 \pm 0,47$ cm) fueron solo significativamente mayores ($p < 0,05$) con respecto a la dieta L-0 ($22,9 \pm 0,45$). Por otro lado, la dieta L-45 ($23,4 \pm 0,21$) no presentó diferencia significativa con las demás dietas ($p > 0,05$). Con respecto a la evolución de las tallas según tratamiento se puede observar el gráfico N° 5.2

GRÁFICO N°5. 3
EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO LONGITUDINAL PARA JUVENILES
DE TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE
EXPERIMENTACIÓN

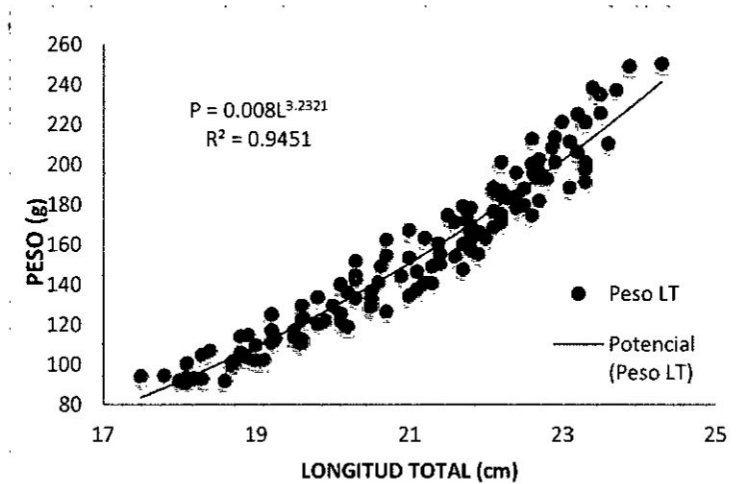


Fuente :Propia

Dietas L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

Los tres tratamientos (L-35, L-45 y L-0) mostraron ser isométricos (potencia no significativamente diferente de 3, $p > 0,05$) según el ajuste de los modelos potenciales con relación talla-peso. De igual forma, la ecuación que representa el ajuste para el conjunto de tratamientos está dado por $P = 0,008L^{3.2}$ donde el exponente no fue significativamente diferente a 3 ($p > 0,05$), lo cual evidencia un crecimiento isométrico. (véase el gráfico 5.3, en la página "79")

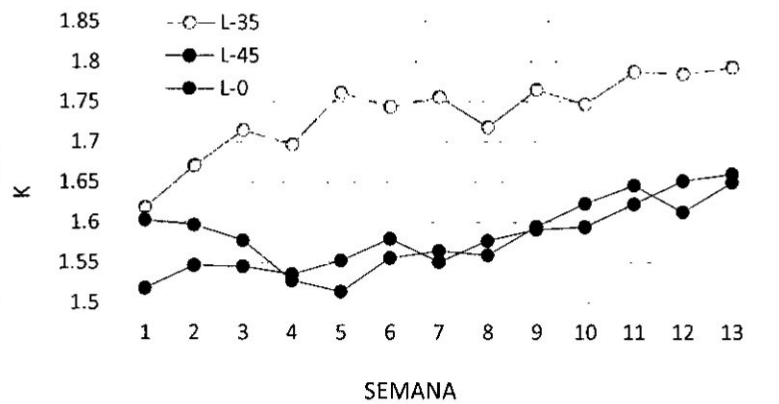
GRÁFICO N°5. 5
RELACIÓN PESO-TALLA DE JUVENILES DE TILAPIA NILOTICA
ALIMENTADOS CON DIETAS DE 0%, 35%, 45% DE SUSTITUCION DE
HARINA DE PESCADO POR HARINA DE TARWI



Relación peso- talla de los juveniles de *Oreochromis niloticus* alimentados. La relación potencial hallada para el conjunto de tratamientos es indicada mediante la curva.

El uso del tarwi en dietas extruídas, independiente de su nivel de incorporación (L-35 y L-45), presentó un factor de condición similar a la obtenida por la dieta L-0 ($1,59 \pm 0,04$). Los valores obtenidos para las dietas variaron entre $1,73 \pm 0,05$ (L-35) y $1,58 \pm 0,04$ (L-45), no observándose diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). (véase el gráfico N° 5.5, en la página "81")

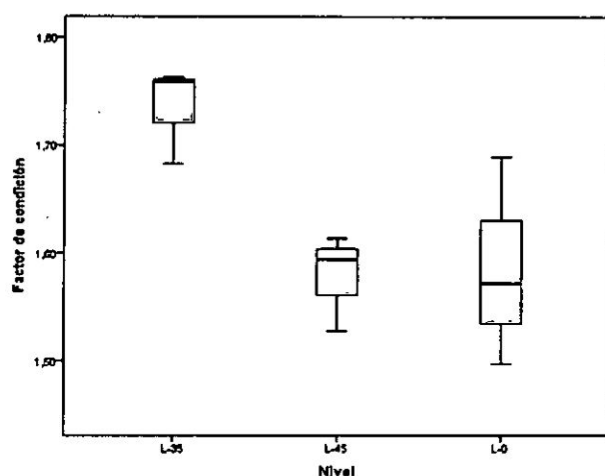
GRÁFICO N°5. 7
VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONDICIÓN (K) EN JUVENILES DE
TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE
EXPERIMENTACIÓN



Fuente :Propia

Resultados observados a lo largo del periodo experimental L-35: Dieta con Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Dieta con Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Dieta con Sustitución de 0% (Verde).

GRÁFICO N°5. 9 FACTOR DE CONDICIÓN OBTENIDA EN LAS TILAPIAS AL FINAL DE LA INVESTIGACIÓN



Fuente: Propia

Boxplot del factor de condición (K) de juveniles de *Oreochromis niloticus* alimentados con las dietas: L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi, L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi, L-0: Sustitución de 0%. El traslape de muescas de las cajas entre tratamientos muestran que no existe diferencias significativas ($p > 0,05$).

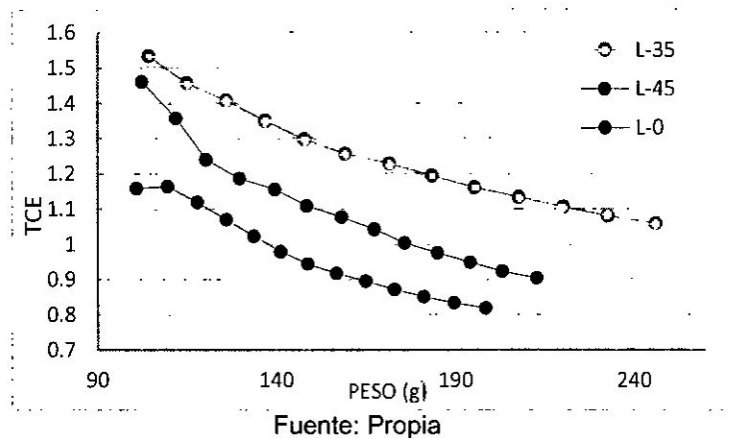
5.2: Indicadores de crecimiento

La tasa de crecimiento específica (SGR) final de los peces alimentados con la dieta L-35 fue de $1,06 \pm 0,04$, valor estadísticamente significativo mayor en relación al resto de los tratamientos; $0,90 \pm 0,04$ y $0,82 \pm 0,03$ para las dietas L-45 y L-0 respectivamente ($p < 0,05$). Por otro lado, los peces alimentados con la dieta L-45 y L-0 presentaron una tasa de crecimiento específica muy similar no mostrando diferencia significativa ($p > 0,05$). La variación para cada tratamiento durante toda la fase de experimentación con respecto al incremento de peso puede observarse en el gráfico N° 5.6

Sin embargo, cuando se evaluó el promedio de la tasa de crecimiento específica (SGR) obtenida en los 13 bioensayos

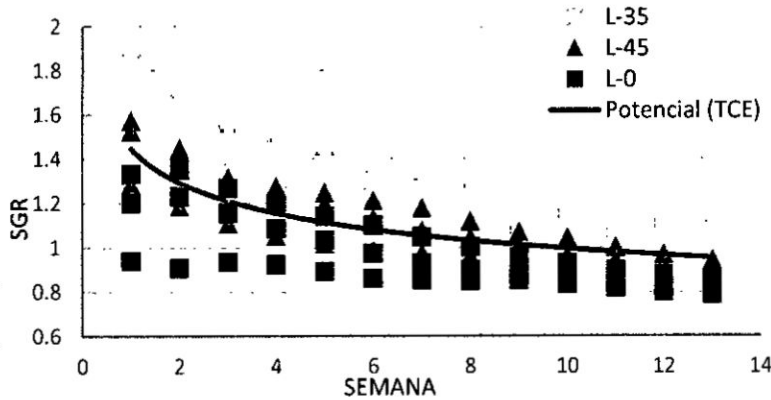
realizados en toda la fase de experimentación se observó diferencia significativa entre los peces alimentados con la dieta L-35 ($1,25 \pm 0,15 \text{ día}^{-1}$) y L-0 ($0,97 \pm 0,12 \text{ día}^{-1}$) ($p < 0,05$). L-45 ($1,11 \pm 0,17 \text{ día}^{-1}$) no presentó diferencia significativa ($p > 0,05$) con respecto a los peces alimentados con las dietas L-35 y L-0.

GRÁFICO N°5. 11
VARIACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (SGR) % día⁻¹
¹ EN LA TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL INCREMENTO DE
PESO



Datos registrados en las trece semanas de experimentación para los tratamientos L-35: dieta con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

GRÁFICO N°5. 12
VARIACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (SGR) % día⁻¹
EN LA TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE
EXPERIMENTACIÓN

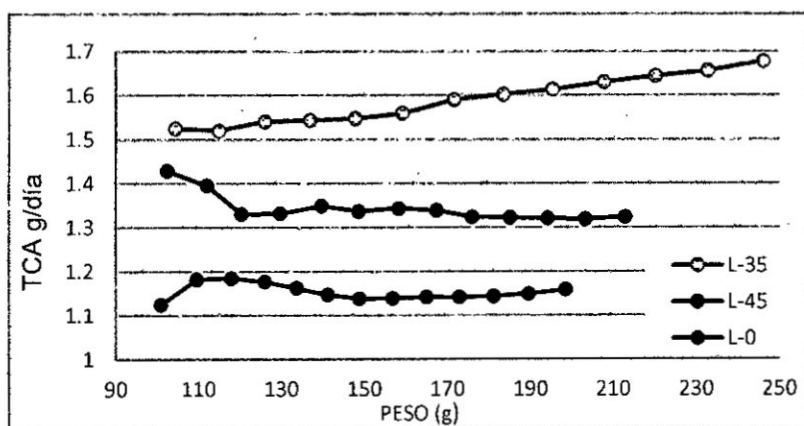


Fuente: Propia

Cambios en la tasa de crecimiento específico (SGR) para *Oreochromis niloticus* con respecto al periodo de experimentación, la cual muestra una tendencia a disminuir el SGR conforme aumenta el peso del pez. L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

La tasa de crecimiento absoluto (TCA) promedio de los peces alimentados con la dieta L-35 ($1,59 \pm 0,05$) mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a los peces alimentados con la dieta L-0 ($1,15 \pm 0,02$). Por otro lado, los peces alimentados con la dieta L-45 ($1,34 \pm 0,03$) no mostró diferencia significativa con ninguna de las dos dietas mencionadas ($p > 0,05$).

GRÁFICO N°5. 14
EVOLUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO (TCA) g. día⁻¹
DE TILAPIA NILOTICA RESPECTO AL INCREMENTO DE PESO

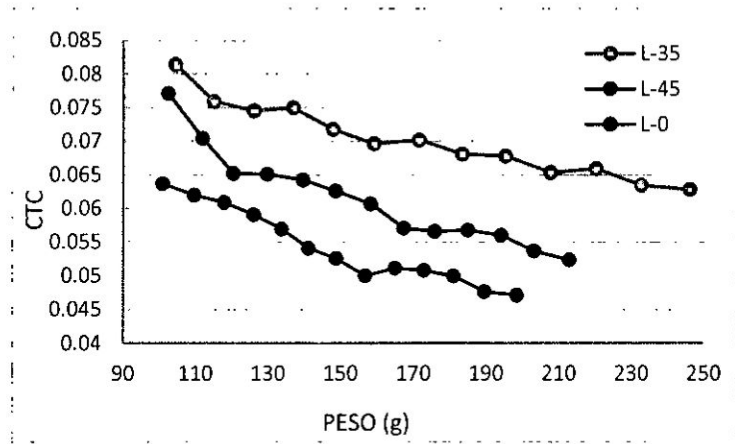


Fuente: Propia

Variación de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) g. día⁻¹ durante las trece semanas de experimentación para las tres dietas. L-35: dieta con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

El coeficiente térmico de crecimiento (CTC) en los peces alimentados con la dieta L-35 ($0,070 \pm 0,0054$) mostró valores promedio significativamente altos respecto a los peces alimentados con la dieta L-0 ($0,054 \pm 0,0056$) ($p < 0,05$). No obstante, se observó que los peces alimentados con la dieta L-45 ($0,061 \pm 0,0071$) no muestran diferencia significativa respecto a los peces alimentados con las dietas L-35 y L-0 ($p > 0,05$).

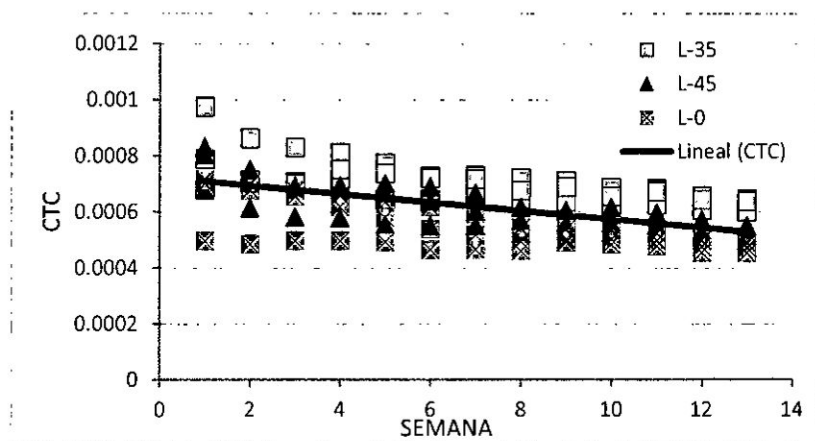
GRÁFICO N°5. 16
VARIACIÓN DEL COEFICIENTE TERMICO DE CRECIMIENTO (CTC) DE
TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL INCREMENTO DE PESO



Fuente: Propia

Variación del coeficiente térmico de crecimiento (CTC) a una temperatura promedio de $29,5 \pm 0,11$ °C en *Oreochromis niloticus* respecto al incremento de peso. L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

GRÁFICO N°5. 18
VARIACIÓN DEL COEFICIENTE TÉRMICO DE CRECIMIENTO (CTC) DE
TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PERIODO DE
EXPERIMENTACIÓN



Fuente: Propia

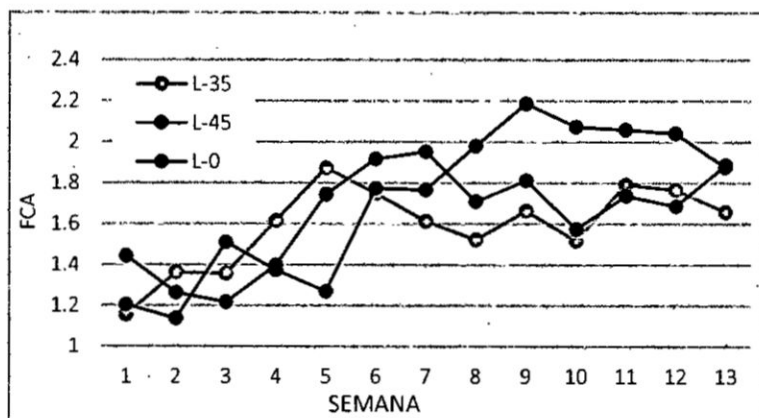
Cambios en el tiempo del coeficiente térmico de crecimiento (CTC) para *Oreochromis niloticus* con respecto al periodo de experimentación, la temperatura promedio fue de $29,5 \pm 0,11$ °C en los 3 tratamientos, la cual muestra una tendencia a ser constante. L-35: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

Los peces alimentados con la dieta L-35 fueron los que presentaron mayor crecimiento expresado como porcentaje de incremento en peso (%IP) con un valor de $84,50 \pm 5,91$ %, mientras que los peces alimentados con la dieta L-0 presentaron el menor incremento con $60,57 \pm 5,09$ %, encontrándose diferencia significativa entre ellas ($p < 0,05$). En cuanto a los peces alimentados con la dieta L-45 ($70,52 \pm 6,22$ %) no presentó diferencia significativa con los peces alimentados con las dietas L-35 y L-0 ($p > 0,05$).

5.3: Índices de alimentación

El factor de conversión alimenticia (FCA) fue similar para todos los peces alimentados con las distintas dietas, encontrándose los siguientes valores: $1,59 \pm 0,20$, $1,71 \pm 0,37$ y $1,64 \pm 0,24$ para los tratamientos L-35, L-45 y L-0 respectivamente ($p > 0,05$).

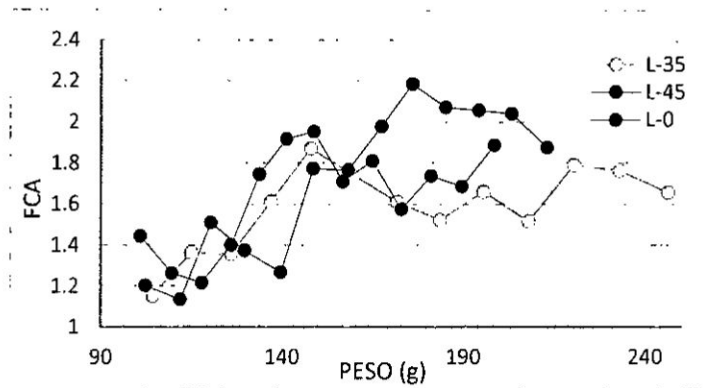
GRÁFICO N°5. 20
VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA) DE
TILAPIA NILOTICA DURANTE PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN



Fuente: Propia

Factor de conversión alimenticia (FCA) obtenido con *Oreochromis niloticus* durante las trece semanas de experimentación para las dietas. L-35, L-45, L-0: Sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), Sustitución de 0% (Verde) respectivamente.

GRÁFICO N°5. 22
VARIACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA) DE
TILAPIA NILOTICA CON RESPECTO AL PESO

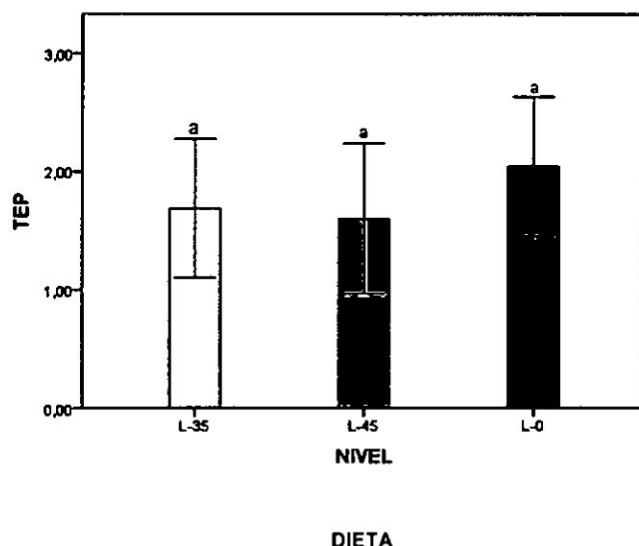


Fuente: Propia

L-35: Dieta con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

En el caso de la tasa de eficiencia proteica (PER) los resultados obtenidos tampoco se vieron negativamente afectados por el nivel de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi, mostrando resultados bastante similares para los diferentes tratamientos. El PER varió entre $1,69 \pm 0,24$ (L-35), $1,60 \pm 0,26$ (L-45) y $2,04 \pm 0,24$ (L-0), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). (véase el gráfico N° 5.13, en la página "89")

GRÁFICO N°5. 24
VALORES DE LA TASA DE EFICIENCIA PROTEÍCA (PER) DE TILAPIA
NILOTICA CON DIFERENTES DIETAS

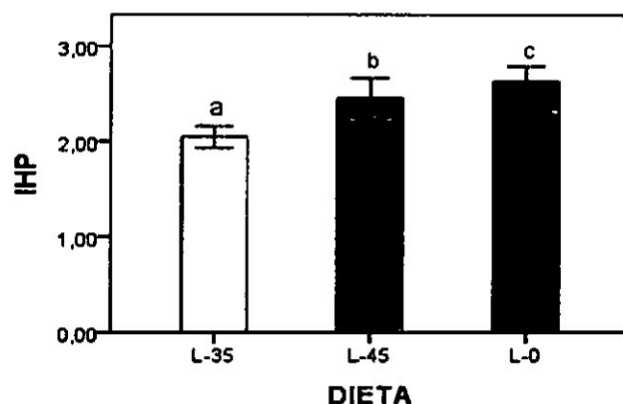


Fuente: Propia

Tasa de eficiencia proteica obtenida en cada tratamiento. L-35: dieta con sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi (Amarillo), L-45: Sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi (Rojo), L-0: Sustitución de 0% (Verde).

El índice hepatosomático (IHS) fue significativamente mayor en peces alimentados con la dieta L-0 ($2,63 \pm 0,06$) seguida de la dieta L-45 ($2,46 \pm 0,09$) y los valores más bajos lo presentó los peces alimentados con la dieta L-35 ($2,05 \pm 0,05$), dichos valores mostraron diferencias significativas entre ellos ($p < 0,05$). (véase el gráfico N° 5.14, en la página "90")

GRÁFICO N°5. 26
VALORES DEL INDICE HEPATOSOMATICO (IHS) OBTENIDOS EN LOS
PECES ALIMENTADOS CON DIFERENTES DIETAS



Fuente: Propia

Valores obtenidos en los peces sacrificados al final del experimento. Dietas suministradas L-35: Amarillo, L-45: Rojo, L-0: Verde. El traslape de muestras entre dietas (barras) muestran que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.4: Costo de alimentación

Los resultados obtenidos en el análisis de costo no se vieron negativamente afectados por el nivel de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi, mostrando ahorros considerables para los distintos niveles de sustitución. Tomando en cuenta el valor biológico (FCA), la dieta L-35 obtuvo un ahorro de 10,51%, mientras que la dieta L-45 exhibió un ahorro de 8,56%. Se calculó el costo (en soles por 1 tonelada producida). Los análisis de la relación costo-beneficio se calcularon multiplicando los costos de las dietas por el factor de conversión alimenticia.

TABLA N° 5. 3
ANÁLISIS ECONÓMICO EN EL REEMPLAZO DE HARINA DE
PESCADO POR HARINA DE TARWI CON BASE AL FCA Y EL
COSTO DE ELABORACIÓN POR TONELADA

Indicadores	L-0	L-35	L-45
Costo del alimento (S/.)	3900	3600	3420,00
FCA	1,64	1,59	1,71
Costo t/tilapia	6396,00	5724,00	5848,20
Ahorro (soles)		672,00	547,80
% de ahorro		10,51	8,56

Fuente: Propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1: Contrastación de hipótesis

De acuerdo con los resultados encontrados se puede considerar que el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi no afectó significativamente ($p > 0,05$) el K, FCA y PER en las tilapias alimentadas con las dietas formuladas L-35 Y L-45. Los demás índices productivos tuvieron la misma tendencia en la dieta L-45 a excepción del IHS, estos resultados demuestran que se podría reemplazar la harina de pescado por harina de tarwi hasta un 45% sin que se vea afectado el crecimiento (ganancia de peso y talla) y la mayoría de índices productivos, rechazando la hipótesis planteada. Sin embargo, la dieta L-35 fue la que obtuvo resultados significativamente mejores ($p < 0,05$) en el crecimiento (ganancia de peso y talla), SGR, TCA, CTC, %IP e IHP con respecto a la dieta L-0 demostrando que la dieta con un 35% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi resultó ser la más favorable para la alimentación de tilapia.

6.2: Contrastación de resultados con otros estudios similares

Los niveles de reemplazo de la harina de pescado por harina de tarwi en las dietas evaluadas fueron de 35 y 45%, valores intermedios, comparado a otros trabajos Hughes (1991), Farhangi & Carter (2001) y Bransden *et al.* (2001), los que utilizaron distintas especies de *Lupinus* con porcentajes de inclusión de 40% sin causar efectos significativos ($p > 0,05$) sobre los índices productivos. Por su parte, Burel *et al.* (1998) y Glencross *et al.* (2002) usaron niveles de inclusión mayores al sustituir 70% y 50% de harina de pescado

en la formulación de los piensos respectivamente. Los niveles de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi no afectaron de manera negativa el crecimiento de las tilapias utilizadas en el presente estudio, los datos obtenidos muestran una mejor respuesta por parte de los peces alimentados con la dieta L-35 en comparación a las dietas L-0 y L-45, mientras que los resultados obtenidos por los peces alimentados con la dieta L-45 fueron estadísticamente similares a los alimentados por la dieta L-0, el crecimiento ya sea expresados como tasa de crecimiento absoluta (TCA) o tasa de crecimiento específico (SGR), no presentó diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$), esto podría deberse en parte a las ventajas que presenta la tilapia como especie, la cual puede alimentarse con una gran variedad de productos de origen vegetal, tales como cereales, plantas acuáticas, leguminosas, etc. (El-Sayed, 2006; Liti *et al.*, 2006). Esta habilidad se atribuye a que, a diferencia de otros peces, las tilapias presentan una gran capacidad para digerir y asimilar carbohidratos, lo cual dependerá también de la cantidad de fibra que contenga el alimento, además de otros factores tales como frecuencia de alimentación, tamaño de los peces y tipo de carbohidrato (Shiau, 1997). En este sentido, en el caso de los tratamientos con harina de tarwi, el nivel máximo de sustitución de la harina de pescado por esta fuente proteica de origen vegetal, en las condiciones experimentales de este trabajo, fue del 45%. Coincidiendo con resultados bastante satisfactorios de investigaciones orientadas a este tema trabajos como el de Srour (2007) y Viola *et al.* (1988b) citado por Olvera & Olvera (2000), muestran que en el caso de la tilapia se ha logrado reemplazar parcialmente hasta un 30% y 45% de harina de pescado por harina de *Lupinus angustifolius* respectivamente, no encontrando diferencia significativa ($p > 0,05$) en cuanto a la tasa de crecimiento absoluta y tasa de crecimiento específica; caso muy similar al de Yones (2010) el cual no obtuvo diferencia significativa ($p > 0,05$) en los resultados

de la TCA y SGR, encontrando un mayor rendimiento en cuanto al crecimiento hasta con un 50% de sustitución de harina de pescado por harina de *Lupinus albus* extruida en dietas para alevines de tilapia híbrida roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). Tomando en cuenta la utilización en menor proporción de harina de *Lupinus* Hutabarat (1999) realizó una inclusión de 25% de *Lupinus angustifolius* en dietas alimenticias para tilapia roja (*Oreochromis niloticus*) encontrando mejores resultados en la TCA con respecto a las otras dos dietas formuladas, por otro lado, la SGR fue similar en todos los tratamientos. En el caso de otras especies, autores como Hughes (1988) y Farhangi & Carter (2001) lograron sustituir hasta un 40% de harina de pescado por harina de *Lupinus spp.* y *Lupinus angustifolius* respectivamente sin encontrar un efecto perjudicial en cuanto al crecimiento de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Resultados similares con la misma especie mostraron las investigaciones realizadas por Burel *et al.* (1998) quien incluyó harina de *Lupinus albus* hasta un 50%; De la Higuera (1988) encontró al 30% de sustitución de harina de pescado por harina de *Lupinus albus* el nivel óptimo de sustitución, trabajos posteriores como el de Serrano (2004) el cual realizó reemplazos más moderados de hasta 20% de harina de pescado por harina de *Lupinus albus* en las dietas extruidas para trucha arcoíris no encontrando diferencia significativa ($p > 0,05$) en el crecimiento de los peces evaluados. Por otro lado, Bórquez y Alarcón (2002) han demostrado en trucha arco-iris que dietas con inclusiones de lupino presentan índices de crecimiento superiores a los logrados por aquellas a base de harina de pescado.

La utilización del *Lupinus spp.* como sustituto alternativo a la harina de pescado no solo se restringe a la formulación de alimento para peces de aguas continentales pues trabajos realizados en otras especies como Turbot (Burel, 2000), Salmon del atlántico (Carter & Hauler, 2000; Bransden, 2001) , Dorada (Robaina, 1995 y Pereira &

Oliva, 2004), Lubina (Kaushik, 2004), Robalo (Llancabure, 2011), Camarón (Smith *et al.*, 2006; Sudaryono, 2004 y Molina *et al.*, 2013) demuestran las cualidades nutricionales del *Lupinus spp.* no solo como fuente proteica sino también de carbohidratos, cabe resaltar que los niveles de hidratos de carbono presentes en el tarwi se encuentran alrededor del 27,9% los cuales constituyen una excelente fuente de energía y de carbono en los piensos. Estudios revelan que los peces de agua cálida pueden usar muchas más cantidades de carbohidratos como fuente de energía en la dieta en comparación a los peces de agua fría y peces marinos (el Sayed 2002) esto debido a la capacidad enzimática de degradar los carbohidratos por parte de la enzima α -amilasa la cual se encuentra en cantidades mayores en peces herbívoros, seguida de peces omnívoros y carnívoros, respectivamente esto hace que la tilapia utilice mejor los carbohidratos complejos (como los almidones) que los disacáridos y monosacáridos (CTAQUA, 2017). Es muy importante en este sentido proporcionar una cantidad exacta de energía en las dietas que se formularan para los peces puesto que un exceso o deficiencia dietética de energía útil puede reducir la tasa de crecimiento, porque la energía es necesaria para el mantenimiento y la actividad voluntaria. La dieta que contenga un exceso de energía puede restringir el consumo de alimentos y de esa manera evitar la ingesta de cantidades necesarias de proteínas y otros nutrientes para un crecimiento máximo. Andrews (1979) citado por el Sayed (2002).

En relación a los pesos finales promedio los resultados más notorios fueron registrados por los peces que recibieron la dieta L-35, seguido (en orden decreciente) por la dieta L-45 y luego la dieta L-0. Se observó que la ganancia en peso generalmente decrece con un mayor nivel de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por autores como: Srour (2007), Bangoula *et al.* (1993) y Solimán *et al.* (2016).

Según Srour (2007) sustituciones de harina de pescado por harina de *Lupinus angustifolius* sobre el 30% en dietas, genera una disminución en la ganancia de peso en el caso de tilapia nilótica, por otro lado Yones (2010) también obtuvo una disminución de la ganancia de peso, pero con una sustitución por encima del 50% de harina de pescado por harina de *Lupinus albus* en alevines de tilapia híbrida roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). Por su parte Solimán *et al.* (2016) con una dieta en la que el 25% de la proteína de harina de pescado fue sustituida por el concentrado de proteína de lupino expresó mejores pesos corporales en comparación con los peces alimentados con las otras dietas. En el caso de otras especies como la trucha arcoíris De la Higuera *et al.* (1988), Hugues (1991), Burel *et al.* (2000), Farhangi & Carter (2001) concluyen que la utilización de harina de *Lupinus spp.* sobre un 40% en dietas suplementadas con aminoácidos, disminuye la ganancia en peso, sin embargo, en este trabajo la sustitución del 45% de harina de pescado por harina de tarwi no afectó significativamente la ganancia de peso si es comparado con la dieta sin sustitución L-0 ($p > 0,05$). En el caso de algunas especies de peces alimentadas con dietas que contengan exclusivamente insumos de origen vegetal se presentan una pérdida de peso, disminución o cese en el crecimiento. Esto debido a la insuficiencia proteica que se ve agravada por el hecho de que las proteínas vegetales normalmente son deficientes en uno o más aminoácidos esenciales (De Silva, 1991). Esto puede ayudar a explicar el papel de la proteína animal cuando se combina con proteínas vegetales con la finalidad de lograr un equilibrio en la dieta tanto en el suministro de los aminoácidos esenciales y otros micronutrientes. Por otro lado, la pérdida de peso según el incremento de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi en dietas para tilapia se ve perjudicado por factores anti nutricionales, en el caso del tarwi sustancias como los alcaloides que contribuyen a una mala palatabilidad, α -

galactosidasa, lupanina son los que se encuentran en concentraciones mayores, mientras que en menor proporción polifenoles, lecitina, saponinas, inhibidores de tripsina, ácido fitico, etc.

El coeficiente térmico de crecimiento (CTC) en general no mostró efectos en peces alimentados con dietas en las que se haya reemplazado algunos insumos como la harina de pescado por harinas vegetales. Existe una mayor información referente a este indicador en el caso de salmónidos, autores como Glencross & Curnow (2002) lograron obtener un CTC similar entre la dieta comercial y la dieta con inclusión de 50% de *Lupinus luteus* en trucha arcoíris, además en el caso de otros salmónidos (Serrano, 2004 y Bórquez, 2008) realizaron sustituciones de *Lupinus albus* por harina de pescado no registrando efectos significativos ($p > 0,05$) en dicho indicador, resultados que coinciden con los mostrados por Bureau y Cho (1999) los cuales mencionan que en distintos tipos de salmónidos el CTC fluctúa entre 0,06 y 0,203. Si bien el CTC es de mucha importancia ya que a partir de los valores obtenidos se pueden estimar la evolución del peso medio promedio de un lote de peces en función a la temperatura del agua, por consiguiente, establecer la curva de crecimiento de diferentes lotes de peces a lo largo del año y de esa manera poder elaborar un plan de producción. En el caso de peces de agua cálida como la tilapia son casi inexistentes los registros de dicho índice. Algunas investigaciones con tilapia muestran valores de 0,001 (Kaushik, 1998); 0,88 (Mariluz, 2015); 0,93 (Barreto-Curiel *et al.*, 2015); 0,17 (Aguilar, 2010). Estos valores corroboran los resultados obtenidos en esta investigación, los cuales mostraron valores de 0,07, 0,06 y 0,05 en las dietas L-35, L-0 y L-45 respectivamente.

Adicionalmente, el factor de condición en este estudio varió entre 1,58 y 1,73 sin mostrar diferencia significativa ($p > 0,05$)

independiente del nivel de incorporación de tarwi, estos valores se encuentran descritos por algunos autores como Aguilar *et al.* (2010) y Mariluz (2015) los cuales obtuvieron resultados muy similares de 1,51 y 1,84 respectivamente en tilapia nilotica, esto sugiere que las dietas elaboradas en el presente estudio contuvieron niveles muy similares de proteína y lípidos. Además, se puede mencionar que el factor de condición puede variar de acuerdo a la influencia de factores alimenticios (calidad y concentración de proteína y lípidos), así como también fisiológicos (material de reserva y desarrollo gonadal) (Piaget,2009), según la especie y es diferente para distintas longitudes en la misma especie ya que la forma de un pez cambia con la longitud u otros factores (Swingle, 1968). Así mismo el uso de indicadores como el factor de condición (K) permite obtener información sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y, en cultivo, es útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado en que el pez se encuentra pudiendo asociarse a una valoración de la textura o estado de delgadez o gordura. Martínez (1987) citado por García & Cerezo (2003). Por lo tanto, en este estudio con dietas a partir de un 35% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi sería un punto de partida en el que se pueda conseguir ganancia de peso respecto a la ganancia longitudinal.

La cuantificación de la eficacia de las dietas por medio del Factor de conversión alimenticia (FCA), mostró que los valores medios fueron estadísticamente iguales ($p > 0,05$) entre tratamientos, lo cual corrobora los datos obtenidos con tilapia híbrida roja (Yones, 2010) y tilapia gris (Srour, 2007) en las cuales se evaluó dietas con reemplazo de harina de pescado por harina de *Lupinus albus* y *angustifolius* respectivamente. Resultados en otras especies como la trucha arcoíris muestran buenos resultados, coincidiendo con registros bastante satisfactorios de investigaciones conducidas en este tema (De la Higuera *et al.*, 1988; Gouveia *et al.*, 1991;

Farhangi & Carter, 2001; Glencross & Curnow, 2002; Bórquez, 2008; Bórquez *et al.*, 2010; Bórquez *et al.*, 2011 y Serrano, 2014). Por su parte Glencross *et al.* (2004) mencionaron que la conversión alimenticia se ve perjudicada significativamente ($p < 0,05$) al 50% de inclusión de *Lupinus* en las dietas, con una regresión lineal que sugiere una disminución del FCA en cada nivel de inclusión. Los valores del FCA están estrechamente relacionados con la digestibilidad y utilización metabólica de las dietas (Morales *et al.*, 1994). Como se mencionó anteriormente, en el caso de la tilapia se considera que la capacidad de utilizar adecuadamente fuentes de origen vegetal como alimento se debe a que llegan a producir en sus estómagos una concentración gástrica con un nivel de pH igual o menor a 2, lo cual ayuda a la lisis y digestión de este tipo de materiales (Payne, 1978), e inclusive pueden llegar a digerir el contenido celular sin lisar las paredes celulósicas (Bowen, 1981; Ekpo & Bender, 1989; Horn & Messer, 1992). Por su parte la utilización de harinas vegetales las cuales poseen la característica de presentar bajos niveles de metionina (0,22 %) y de lisina (1,46 %) es típico de las leguminosas tales como habas, soya y lupino. Petterson *et al.* (1997) citado por Glencross (2014). Las carencias de aminoácidos causan ineficiencia en la conversión alimenticia (Goff y Gatlin, 2004). Por esta razón, en dietas que contienen altos niveles de proteínas vegetales, la suplementación con metionina y/o lisina es obligatoria a fin de no comprometer de manera negativa el factor de conversión alimenticia, de igual manera se cree que los peces carecen de enzimas endógenas capaces de digerir la celulosa presente en las harinas vegetales como carbohidrato total en forma de fibra, el alto nivel de la fibra reduce la digestibilidad y por ende el aprovechamiento de proteínas dietarias (Liti *et al.*, 2006). Si bien el nivel de carbohidratos, y factores anti nutricionales presentes en la dieta afectan el aprovechamiento del alimento, ya sea porque los carbohidratos pueden contener inhibidores de amilasa u otros anti-

nutrientes que reducen su utilización del alimento, existen procesos físicos como la extrusión, autoclavado y otros que generan un desdoblamiento de dichos compuestos para una mejor absorción y utilización de los mismos. Sin embargo, en el caso de la tilapia, según un informe de la FAO, puede llegar a utilizar eficientemente hasta un 40% de carbohidratos digeribles. La tilapia nilótica es capaz de utilizar altos niveles de carbohidratos (entre 30-70% de su dieta). La utilización de carbohidratos por parte de la tilapia también se ve afectado por la frecuencia de alimentación diaria. Tung & Shiau (1991) y Shiau & Lei (1999) han demostrado que la frecuencia alimentación creciente (de 2 a 6 veces / día, o alimentación continua) mejora la utilización de carbohidratos, conversión alimenticia y tasas de crecimiento. El tamaño de los peces también afecta la utilización de carbohidratos. Trabajos realizados con tilapias de 0,46 y 4,55 gramos los cuales fueron alimentados con almidón llegaron a demostrar que los peces más grandes utilizan el almidón de manera más eficientemente que los peces pequeños, en el caso de la glucosa se realizó una metodología similar obteniendo resultados muy parecidos (Tung y Shiau, 1993). La extrusión del alimento elaborado, así como la frecuencia de alimentación en el presente trabajo (4 veces/día) pudo incidir de manera favorable en los resultados obtenidos.

En el caso de la tasa de eficiencia proteica (PER) los resultados tampoco se vieron afectados negativamente ($p > 0,05$) por el tipo de proteína vegetal, mostrando resultados bastante similares entre tratamientos, estos resultados divergen de los resultados obtenidos por Srour (2007) que reemplazó proteína de harina de pescado por proteína de *Lupinus angustifolius* en niveles de 0, 15, 30, 45 y 60 % encontrando una reducción del PER a partir del 45% de sustitución de la proteína en dietas para tilapia nilótica. Sin embargo, el mismo estudio concluye que se puede realizar una sustitución del 30% de proteína de harina de pescado por proteína

de semilla de *Lupinus angustifolius* sin cocer, de tal manera que no se vea afectado la tasa de eficiencia proteica y otros indicadores productivos. Por su parte Yones (2010) reemplazó harina de pescado por harina de *Lupinus albus* extruido en niveles de 0, 25, 50 y 60%, encontrando el mejor resultado al nivel de 50% de sustitución en dietas para tilapia hibrida roja. Relativamente a la utilización de diferentes fuentes proteicas de origen vegetal investigaciones con otras semillas de leguminosas como *Canavalia ensiformes* (Martínez *et al.*,1988) y *Phaseolus aureus* (De Silva & Rasanthi, 1988) probadas en dietas para tilapia roja como tilapia del Nilo respectivamente mostraron estadísticamente no tener diferencias significativas ($p > 0,05$) con el grupo control independientemente del nivel de sustitución. Otra característica a tomar en cuenta en el presente estudio fue la disminución de la eficiencia proteica con respecto a un incremento en el nivel de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi, este resultado es corroborado por Farhangi & Carter (2001) los cuales registraron la misma tendencia en el caso de trucha arcoíris. Esto podría estar relacionado con una reducción en la digestibilidad de la proteína, por el aumento en los niveles de fibra (Furuya, 2000), pues en el presente estudio se puede observar que los niveles de fibra aumentan de manera proporcional a la inclusión de harina de tarwi, por otra parte la utilización de la proteína presente en las dietas elaboradas pudieron ser utilizadas con fines energéticos, así como también se tiene en cuenta que la calidad de la proteína, capacidad de digestión y los niveles de carbohidratos son factores muy importantes al momento de evaluar la eficiencia proteica. Además, se tiene registro de que la utilización de proteínas disminuye al aumentar el tamaño de los peces, esto puede deberse a que la mayor parte del aumento de peso está relacionado con la deposición de proteínas la cual está definida como el equilibrio entre el anabolismo proteico y el catabolismo. Así mismo, la velocidad de vaciado gástrico o la

solubilidad de la proteína se ha demostrado que afecta la utilización de la proteína de la dieta (de la Higuera *et al.*, 1998; Espea *et al.*, 1999).

El uso de leguminosas y cereales en la nutrición de peces, puede tener efectos adversos sobre el hígado, después de largos periodos de alimentación, debido a una tendencia a incrementar los depósitos de glucógeno. Russell *et al.* (2001) citado por Serrano (2004). Por su parte Farhangi & Carter (2001) mencionan que existe una mayor actividad de gluconeogénesis en el hígado cuando se incrementa los niveles de inclusión de lupino. No obstante, la duración del presente experimento no permite asegurar que una exposición prolongada a un reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi afecte de manera perjudicial el hígado de los peces. En el presente estudio, los resultados de las sustituciones de harina de pescado por harina de tarwi mostraron diferencia significativa en el índice hepatosomático (IHS) ($p < 0,05$), efecto análogo al obtenido con trucha arcoíris (Bórquez *et al.*, 2010). De manera contraria Srour (2010) experimentando con dietas para tilapia nilótica no presentó diferencia significativa en sus resultados ($p > 0,05$). En el caso de trucha arcoíris trabajos realizados por: Bórquez (2008), Bórquez *et al.* (2011) y Gouveia *et al.* (1991) presentan el mismo comportamiento; por otro lado, Robaina *et al.* (1995), Robaina (1998), Pereira & Oliva-Teles (2004) obtuvieron la misma tendencia que los autores anteriormente mencionados, pero utilizando dorada. Estudios con diferentes especies determinaron que con porcentajes más bajos de proteínas y proporciones altas de carbohidratos suelen perjudicar el crecimiento y motivar a la formación de grasa corporal, además de promover la acumulación de grasa y glucógeno en el hígado (Steffens,1987). Otra característica es el efecto notorio de la inclusión dietaria de leguminosas como lupino el cual generó un aumento en los depósitos de lípidos y una disminución del glicógeno en los

de inclusión de harina de tarwi en las dietas como sustituto, el costo de la alimentación disminuyó. Además, tomando en cuenta los valores biológicos (por ejemplo, la tasa de conversión alimenticia), la dieta L-35, obtuvo el menor costo por tonelada de tilapia y un mayor ahorro. Sin embargo, la dieta L-45 obtuvo un menor ahorro respecto a la dieta L-35 pero no presentó diferencia estadística ($p > 0,05$) a la dieta L-0, lo cual demuestra que se puede llegar a sustituir hasta 45% de harina de pescado por harina de tarwi y de esa manera lograr disminuir considerablemente el costo de alimentación sin ver perjudicado la conversión del alimento. Por otro lado, el presente estudio no pudo ser comparado económicamente a otros trabajos realizados con peces, puesto que el tarwi en comparación a otras variedades de *Lupinus* no se siembra de manera extensiva y tecnificada, lo cual genera una menor producción y por consiguiente un aumento considerable en su precio en comparación a las otras variedades. Si bien muchas investigaciones buscan reducir el costo de los piensos utilizando fuentes de origen vegetal no se tiene registro de trabajos que hayan utilizado esta leguminosa para la alimentación de peces tanto en nuestro país como el extranjero. Además, se puede decir que el uso del tarwi puede ayudar a disminuir la dependencia de alimentos balanceados en el cultivo de la tilapia en zonas marginadas, donde el costo y disponibilidad de alimento artificial puede ser un factor importante en los costos de operación de una pequeña granja (Poot *et al.*, 2012). El cultivo de todas las variedades de *Lupinus* es relativamente fácil, además se adapta a terrenos pobres y áridos. Por ello se han incrementado las investigaciones encaminadas a mejorar sus cualidades nutritivas y a fomentar su cultivo en numerosos países de Europa, Sudamérica y Australia (Robaina, 1998).

VII. CONCLUSIONES

- a) La sustitución de harina de pescado por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en dietas alimenticias para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) no afectó negativamente los índices productivos; lo cual lo convierte en un buen sustituto de la harina de pescado.

- b) El 35% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi en las dietas alimenticias para tilapia nilótica, no afectó significativamente el factor de condición (K), factor de conversión alimenticia (FCA) y tasa de eficiencia proteica (PER), sin embargo, mejoró significativamente los rendimientos productivos y mostró los mejores resultados en el crecimiento (ganancia de peso y talla), tasa de crecimiento específica (SGR), tasa de crecimiento absoluto (TCA), coeficiente térmico de crecimiento (CTC), porcentaje de incremento en peso, (%IP) e índice hepatosomático (IHS).

- c) El 45% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi en las dietas alimenticias para tilapia nilótica, no presentó estadísticamente diferencia significativa en los índices productivos tales como crecimiento (ganancia de peso y talla), factor de condición (K), tasa de crecimiento específico (SGR), tasa de crecimiento absoluto (TCA), factor de conversión alimenticia (FCA), coeficiente térmico de crecimiento (CTC), porcentaje de incremento en peso (%IP) y tasa de eficiencia proteica (PER), sin embargo se evidenció un mejor resultado en el índice hepatosomático (IHS) comparado a la dieta L-0, lo cual indica que se puede llegar a sustituir hasta 45% de la harina de pescado por harina de tarwi sin que se vea afectado de manera negativa los índices productivos.

- d) Se observó una disminución de la ganancia de peso a medida que se incrementó los niveles de sustitución de harina de pescado por

harina de tarwi. Esta disminución podría atribuirse a que a mayor nivel de inclusión de harina de tarwi mayores son los niveles de fibra presentes en la dieta.

- e) El análisis de costos tomando en cuenta la tasa de conversión alimenticia nos demostró que el reemplazo de harina de pescado por harina de tarwi es más rentable en un nivel de 35%, sin embargo, podría ser rentable aun cuando se reemplaza hasta un 45% ya que los costos del alimento fueron menores a los de la dieta sin sustitución (L-0); para la situación de la harina de pescado con solo aumentar el precio de dicho insumo de acuerdo a la tendencia, las dietas elaboradas en este trabajo tendrían mayor rentabilidad. Esta sustitución es viable y aún más trascendental en cultivos a pequeña escala en áreas rurales, donde se puede producir el tarwi integrada al cultivo de peces usando los efluentes de los estanques para su riego, lo cual permitiría una producción ecológica y socialmente sustentable.

VIII. RECOMENDACIONES

- a) Adquirir tilapias (*Oreochromis niloticus*) de calidad, de procedencia conocida con buenas características sanitarias (libres de cualquier enfermedad o parásitos) y de edad conocida esto con la finalidad de asegurar mejores resultados.

- b) Se recomienda realizar alimentos extruidos debido a que este proceso asegura la pasteurización del alimento, reducción de factores antinutricionales termosensibles presentes en la harina de tarwi, confiere flotabilidad al alimento y disminución de la lixiviación en el alimento. El calor moderado aplicado a alimentos o ingredientes ricos en proteínas puede ser beneficioso para el valor nutricional de las proteínas, el calor puede (por desnaturalización) hacer perder la estructura cuaternaria, terciaria y secundaria de las proteínas, mientras la estructura primaria permanece intacta, estos cambios estructurales no afectan la composición de aminoácidos de la proteína, pero si facilitan la utilización digestiva de las mismas. Sørensen *et al.* (2002),

- c) Al ser un trabajo realizado en laboratorio bajo condiciones controladas, es necesario realizar una revalidación del mismo bajo condiciones de estanque para ver si el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi no altera el crecimiento y los índices productivos.

- d) Es necesario realizar pruebas de digestibilidad en macro nutrientes y energía digestible, digestibilidad de aminoácidos, calcio, fosforo y otros componentes de importancia en la alimentación, así mismo realizar estudios histológicos del estómago, intestino e hígado en la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) alimentados con dietas que

contengan tarwi. Además, ahondar investigaciones a nivel estructural, para la cualificación de aminoácidos y componentes antinutricionales.

- e) Se recomienda suplementar los piensos con aminoácidos limitantes, particularmente lisina y metionina debido a la carencia de los mismos en la harina de tarwi. Se recomienda también adicionar aceite como fuente de energía suplementaria y fósforo para aliviar la baja capacidad de los peces para digerir los fitatos.
- f) Debe tenerse en cuenta que los insumos a utilizar en la formulación tienen que estar disponibles a bajo costo, durante todo el año si es posible, con costes de manejo, procesamiento y transporte mínimos o inexistentes y que sean ricos en proteínas y que se encuentren dentro del rango de requerimientos nutricionales de cada especie.
- g) Se debe tener en consideración que la calidad de agua es factor muy importante y decisivo para obtener buenos resultados, por consiguiente, se debe tener un registro permanente de la calidad del agua, temperatura para optimizar los resultados.
- h) Finalmente sería recomendable efectuar nuevas investigaciones relacionadas con potenciar el uso del tarwi como ingrediente en la formulación de alimentos para peces en nuestro país y optimizar el nivel de sustitución.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, F. **modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. *Chitralada*)” alimentadas con dietas peletizadas o extruidas.** Tesis para optar al título de Magíster en Producción Animal. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 2010

AGUILAR, F.; TÉLLEZ, G. y RAMÍREZ, A. **Efectos del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Vari. *Chitralada*) en un ciclo comercial de reproducción,** en Rev. Med. Vet. Zoot. Vol.57: 104 a 118. Junio 2010.

AGUILAR ANGULO, L. **Evaluación del rendimiento de grano y capacidad simbiótica de once accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), bajo condiciones de Otuzco - La Libertad.** Lima. Tesis para Optar al Título de Ingeniero en Acuicultura. 2015.

ALVA CASTRO, Jessica; CHICATA ABARCA, Alfonso; DELFÍN LAZO, Yanina; MÜLLER GATTI, Nathalie y ROJAS ESTRADA, Ylia. **Planeamiento Estratégico del tarwi.** Tesis para obtener el grado de magister en administración estratégica de empresas. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.

ALVAREZ, J.; CASTRO, J.; VALER y PRINCIPE, A. **Aportes al cultivo sostenible del tarwi,** en “Fortalecimiento de competitividad productiva- comercial de productores de tarwi y quinua en Recuay y Bolognesi Ancash”. Vol.4: 1 a 96. enero 2013.

BANGOULA, D.; PARENT, J. y VELLAS, F. **Valeur alimentaire du lupin blanc (*Lupinus albus* var Lutop) chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Effet de la cuisson-extrusion**, en Reprod Nutr Dev. Vol. 33: 325 a 334. Mayo 1993.

BARRETO, F.; DURAZO, E. y VIANA, M. **Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce**, en Ciencias Marinas. Vol.41: 247 a 254. Agosto 2015.

BOLAÑOS, V. **Estudio de Prefactibilidad para la producción de Tilapia en la Comunidad Sta. Marianita de Caliche, Cuenca del río Mira**. Tesis para obtener el grado de licenciado en Ing. Agroindustrial. Collapi. Universidad Técnica del Norte Ibarra. 2003.

BÓRQUEZ, A. Y ALARCON. P. **Reemplazo parcial de la harina de pescado por lupino blanco (*Lupinus albus*) en dietas para salmon del Atlantico (*Salmo salar*)**, en Salmonicultura. Vol.28:17 a 19. Noviembre 2002.

BÓRQUEZ, A. **Evaluación nutricional del lupino blanco (*Lupinus albus*) como fuente alternativa de proteínas en dietas comerciales para salmónidos en Chile**. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias del Mar. Las Palmas de Gran Canaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 2008.

BÓRQUEZ, A.; SERRANO, E.; DANTAGNAN, P.; CARRASCO, J. y HERNANDEZ, A. **Feeding high inclusion of whole grain white lupin (*Lupinus albus*) to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, nutrient digestibility, liver and intestine histology and muscle**

fatty acid composition, en Aquaculture Research: 1 a 12. Setiembre 2010.

BÓRQUEZ, A.; HERNÁNDEZ, A. y DANTAGNAN, P. **Incorporation of Whole Lupin, *Lupinus albus*, Seed Meal in Commercial Extruded Diets for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*: Effect on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Muscle Fatty Acid Composition**, en Journal of the World a Aquaculture Society. Vol.42: 209 a 221. Abril 2011.

BRANSDEN, C.; **Effects of dietary protein source on growth, immune function, blood chemistry and disease resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr**, en Animal Science. Vol. 73: 105 a 113. Enero 2001.

BUREAU, D. y CHO, C. **An Introduction to Nutrition and Feeding of Fish**, en Fish Nutrition Research Laboratory: 21 a 25. junio 1999.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; CORRAZE, G.; KAUSHIK, S.; BOEUF, G.; MOL, K.; VAN DER GEYTEN, S. y KUHN, E. **Incorporation of high levels of extruded lupin in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): nutritional value and effect on thyroid status**, en Aquaculture. Vol.163: 325 a 345. Febrero 1998.

BUREL, C.; BOUJARD, T.; KAUSHIK, S.; BOEUF, G.; MOL, K.; VAN DER GEYTE, S.; KÜHN, E.; QUINSAC, A.; KROUTI M. Y RIBAILLIER D. **Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diet for Turbot (*Psetta máxima*): growth, nutrient utilisation and thyroid status**, en Aquaculture. Vol.188: 363 a 382. Febrero 2000.

CARTER, C. and HAULER, R. **Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L.**, en Aquaculture. Vol.185: 299 a 311. Octubre 2000.

CASHION, Tim; LEMANACH, Frederic y ZELLER, Dirk. **Most fish destined for fishmeal production are food-grade fish**, en Fish and fisheries. 1 a 8. Febrero 2017.

CHIEN, Y. y Chiu, Y. **Replacement of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) meal by lupin (*Lupinus angustifolius*) seed meal in diet for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) reared indoors**, en Aquaculture Research. Vol. 34: 1261 a 1268. Noviembre 2003

CHIRINOS, A. **Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal**, en Revista de Bio ciencias. Vol.3: 163. Julio 2015.

COLL, J. **Acuicultura Marina Animal**. Madrid. Editorial Mundi-Prensa. Tercera Edición. 1991.

CORTÉS, S. **Sustitución parcial de harina de pescado (*Plecostomus spp.*) por harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en alimento para bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)**. Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias de producción agrícola sustentable. Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. 2010.

CRESPO M. y JAMBRINA J. **El altramuz: cultivo de futuro**, en Revista de Extensión agraria. Enero 1985.

CENTRO TECNOLÓGICO DE LA ACUICULTURA (CTAQUA). **Alimentación optimizada para tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal**, en Informe de vigilancia tecnológica. 2017

DE LA HIGUERA, M. y CARDENETE, G. **Alimentación en acuicultura**. España. Editorial FEUGA. 1987.

DE LA HIGUERA, M.; GARCÍA, M.; SANZ, A.; CARDENETE, G.; SUÁREZ, M. y MOYANO, F. **Evaluation of Lupin Seed Meal as an Alternative Protein Source in Feeding of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)**, en Aquaculture. Vol.71: 37-50. Agosto 1988

DE LA HIGUERA, M.; GARZON, A.; HIDALGO, M.; PERAGON, J.; CARDENETE, G. y LUPIANEZ, J. **Influence of temperature and dietary-protein supplementation either with free or coated lysine on the fractional protein-turnover rates in the white muscle of carp**, en Fish Physiology and Biochemistry. Vol.18: 85 a 95. Abril 1998.

DELGADO F.; GALLARDO, A.; CUEVAS, L. y GARCÍA, M. **Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano**, en Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. Junio 2009.

DE SILVA, S. **Fish Nutrition Research in Asia**. Manila. Editorial Asian Fish Soc. Spec. Puhl. 1991.

El-Sayed. **Tilapia culture**. Alejandría. Editorial CABI. 2006

ESPEA, M.; SVEIER, H.; HOGOYC, I. y LIEDA, E. **Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concéntrate**, en Aquaculture. Vol.174: 119 a 137. Abril 1999.

FAO. 1983. **Fish Feeds and Feeding in Developing Countries**. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/q3567e/q3567e00.htm>. artículo web. Consultado el 11 de noviembre del 2016.

FAO. 2013. **Food and agriculture organization of the United Nations.** Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. artículo web. Consultado el 16 de noviembre del 2016.

FAO. 2014. **Examen mundial de la pesca y acuicultura.** Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3720s/i3720s01.pdf>. artículo web. Consultado el 16 de noviembre del 2016.

FARHANGI, M. and CARTER, C.G. **Growth, physiological and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different dietary inclusion levels of dehulled lupin (*Lupinus angustifolius*),** en Aquaculture. Vol.32: 329 a 340. Diciembre 2001.

FARINANGO, A. y QUIZHPI J. **Preparación de un suplemento proteico elaborado a partir de *Lupinus mutabilis* “chocho” y su valoración bromatológica.** Tesis previa a la obtención del título de bioquímico farmacéutico. Cuenca. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Químicas Carrera de Bioquímica y Farmacia. 2015.

FONDEPES. **Manual de cultivo de tilapia.** Lima. Edición Exclusiva. 2014.

GARCÍA, B. y CEREZO, J. **Influencia del número de días de ayuno a la semana sobre el crecimiento, el índice de conversión y la supervivencia en el Pulpo de Roca (*Octopus vulgaris Cuvier, 1797*),** en Aquatic. Vol.21: 34 a 41. Noviembre 2004.

GLENCROSS, B. **Feeding lupins to fish : A review of the nutritional and biological value of lupins in aquaculture feeds,** North Beach W.A. Fisheries Western Australia. 2001

GLENCROSS, B. y CURNOW J. **Evaluation of Yellow Lupin *Lupinus luteus* Meal as an Alternative Protein Resource in Diets for Sea-Cage Reared Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss***, en Journal of the world aquaculture. society. Vol. 33: 287 a 296. Septiembre 2002.

GLENCROSS, B.; BOUJARD, T y KAUSHIK, S. **Influence of oligosaccharides on the digestibility of lupin meals when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss***, en Aquaculture: 1 a 11. Diciembre 2002

GLENCROSS, B.; CURNOW, J.; HAWKINS, W.; KISSIL, G. y PETERSON, D. **Evaluation of the feed value of a transgenic strain of the narrow-leaf lupin (*Lupinus angustifolius*) in the diet of the marine fish, *Pagrus auratus***, en Aquaculture Nutrition. Vol.9: 197 a 206. Octubre 2003

GLENCROSS, B. y HAWKINS, W. **A comparison of the digestibility of lupin (*Lupinus* sp.) kernel meals as dietary protein resources when fed to either, rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* or red seabream, *Pagrus auratus***, en Aquaculture Nutrition. Vol.10: 65 a 73. Junio 2004.

GOUVEIA, A.; OLIVA TELES, A; GOMES, E y REMA, P. **Effect of cooking/expansion of three legume seeds on growth and food utilization by rainbow trout**, en Fish nutrition in practice: 24-27, Junio 1991.

GUILLAUME & METALLIER, **Nutrición y alimentación de Peces y crustáceos**. Madrid. Mundi-Prensa. Edición española. 2004.

HDEZ, J. **Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de tilapia**. Disponible en:

http://siproduce.sifupro.org.mx/sequimiento/archivero/20/2013/anuales/anu_706-25-2014-05-7.pdf. Artículo web. Consultada el 28 junio del 2016.

HUGHES, S. **Assessment of lupin flour as a diet ingredient for rainbow trout (*Salmo gairdneri*)**, en Aquaculture. Vol.71: 379 a 385. Abril 1998.

HUGHES, S. **Use of lupin flour as a replacement for full-fat soy in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**, en Aquaculture. Vol.93: 57 a 62. Junio 1991

HUTABARAT, J. **The combination of fish meal, soybean meals and dehulled lupin in fish feed and their effects on the growth of red tilapia (*Oreochromis niloticus*)**, en Journal of Coastal Development. Vol.3: 507 a 517. Octubre 1999.

JOVER, M. **La alimentación de Organismos en Acuifactorias**. Madrid. Editorial Mundi-Prensa. Tomo XII. Producción animal acuática. 1997.

JACOBSEN, S. y MUJICA A. **Botánica Económica de los Andes Centrales**. La Paz. Editorial Morales 2006.

JIMENES, F. **Evaluación nutricional de dietas para tilapia roja con diferentes niveles de harina de pescado**. Tesis para obtener el grado de Magister en Acuicultura. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2013.

KAUSHIK, S.; COVES, D.; DUTTO, G. y BLANC, D. **Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax***, en Aquaculture. Vol.230: 391 a 404. Mayo 2004.

LESCANO RIVERO, José Luis. **Genética y mejoramiento de cultivos Altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, ashua y oca.** Perú. Editorial PIWA. 1994.

LITI, D.; MUGO, R.; MUNGUTI, J. y WAIDBACHER, H. **Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three brans (maize, wheat and rice) in fertilized ponds,** en Aquaculture Nutrition. Vol.12: 239 a 245. Diciembre 2006.

LOPEZ, H. **Elaboración de piensos para peces a partir de harina, aislado y concentrado de *Lupinus mutabilis*.** Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Pachuca. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2007.

LLANCABURE, Rodrigo Alexi. **Determinación de las necesidades proteicas del róbalo (*Eleginops maclovinus*).** Tesis para Optar al Título de Ingeniero en Acuicultura. Puerto Montt. Universidad austral de Chile.2011.

MARILUZ, A. **Evaluación de los parámetros productivos y de calidad de agua en el cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistemas de recirculación cerrada en laboratorio.** Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1000>. Artículo web. Consultada el 15 de abril del 2017.

MINAGRI. 2015. **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015.** Disponible en: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario_produccion_agricola_ganadera2015.pdf. artículo web. Consultado el 1 de noviembre del 2016.

MJOUN, K. y ROSENTRATER, K. **Tilapia: Environmental Biology and Nutritional Requirements.** Disponible en: http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/FS963-02.pdf. Artículo web. Consultada el 01 de julio del 2016.

MOLINA, C.; LUCAS, M. y JOVER, M. **Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets,** en Aquaculture. Vol. 410-411: 148 a 156. Junio 2013.

MONTOYA, M. **Digestibilidad de garbanzo, maíz alta calidad proteica y frijol quebrado en tilapia *Oreochromis niloticus*.** Tesis para obtener el grado de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. 2012.

NGUGI, C.; OYOO, E.; MANYALA, J.; FITZSIMMONS, K. y KIMOTHO. **Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds,** en Aquaculture Reports. Vol. 5: 62 a 69. Enero 2017

NICOVITA. **Manual de crianza tilapia.** Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>. Artículo web. Consultada el 01 de julio del 2016.

OCDE/FAO. **OCDE-FAO perspectivas agrícolas 2013-2022.** Paris. Editorial Paris: OCDE. 2013.

OLVERA, M. y OLIVERA L. **Potencialidad del Uso de las Leguminosas como Fuente Proteica.** Disponible en: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/21olvera.pdf. artículo web. Consultada el 24 de junio del 2016.

PEREIRA, T. y OLIVA-TELES, A. Evaluation of micronized lupin seed meal as an alternative protein source in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* L. juveniles, en Aquaculture Research. Vol.35: 828-835. Setiembre 2004.

PETTERSON, D. The use of Lupins in feeding systems, en Asian-Aus J. Anim. Sci. Vol.13: 861 a 882. Febrero 2000

PIAGET, N. Determinación del nivel óptimo de proteína dietaria en juveniles del lenguado, *Paralichthys adspersus* (Pisces, Pleuronectiformes: Paralichthyidae). Tesis de Magister en Ciencias. Coquimbo. Universidad Católica del Norte.2009.

POOT, G.; GASCA, E. y OLVERA, M. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidocolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado, en Lat. Am. J. Aquat. Res. Vol.40: 835 a 846. Agosto 2012.

QUISPE SANCA, David. Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. Tesis para optar el grado de magister scientiae en tecnología de alimentos. Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina. 2015.

RAMOS, S. "Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *euthynnus lineatus* (kishinouye, 1920) (perciformes: scombridae), capturado en el litoral de oaxaca, méxico", en Invest Mar. Vol.30: 40 a 53. diciembre 2008

RECAVARREN, J. "Diferentes procesos de elaboración de alimento balanceado extruído – pelletizado en el crecimiento de

productivos y la composición de ácidos grasos en el músculo. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Temuco. Universidad Católica De Temuco Facultad De Acuicultura Y Cs. Veterinarias Escuela De Acuicultura. 2004.

SHIAU, S.; LIN, S.; YU, S.; LIN A. y KWOK C. **Defatted and full-fat soybean meal as partial replacements for fishmeal in tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) diets at low protein level,** en Aquaculture. Vol.86: 401 a 407. Agosto 1990

SHIAU, S. **Utilization of carbohydrates in warmwater fish-with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. Aureus*,** en Aquaculture. Vol.151: 79 a 96. Junio 1997.

SHIAU, S. y LEI, M. **Feeding strategy does affect carbohydrate utilization by hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*,** en Fisheries Science. Vol.65: 553–557. Diciembre 1999.

SMITH, D.; TABRETT, S.; IRVIN, S. y BARCLAY, M. **Lupins - an alternative protein source for use in shrimp feed,** en Avances en Nutrición Acuícola VIII .VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola:15 a 17. Enero 2006.

SOLIMAN, A.; HASAN, H.; MOHAMED, A. y KOMY, A. **Partial and complete replacement of fish meal protein by lupin meal protein and lupin protein concentrate in diets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).** Disponible en <https://www.was.org/Meetings/ShowAbstract.aspx?ld=43621>. artículo web. Consultada el 15 de mayo del 2017.

SROUR T.M. **Effect of dietary lupin (*Lupinus angustifolius*) whole seed meal protein on the growth of tilapia (*Oreochromis***

***niloticus*) reared in tanks**, en Issued by The Egyptian Society of Animal Production. Vol: 44: 83 a 96. Junio 2007.

STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces**. Zaragoza. Editorial Acribia. 1987

SUDARYONO, A. **Comparasion of lupin meal based diets cost efficiency for juvenile *penaeus monodon* tested under pond conditions**, en Journal of Coastal Development. Vol.8: 47 a 51. Octubre 2004.

SWINGLE, H. **Standardization of biological methods in fish culture research**, en FAO Fisheries Report 44. Vol.4: 422 a 429. Mayo 1968

TACON, A.; HAASTER, J.; FEATHERSTONE, P.; KERR, K. y JACKSON, A. **Studies on the utilization of full-fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout**, en Aquaculture Vol.49: 1437 a 1443. Junio. 1983.

TOLEDO S. y GARCIA C. **Nutrición y alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el caribe**. Disponible en: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf. articulo web. Consultada el 06 de junio del 2016.

TUNG, P. y SHIAU, S. **Effects of meal frequency on growth performance of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus* fed different carbohydrate diets**, en Aquaculture. Vol.92: 343 a 350. Junio 1991.

TUNG, P. y SHIAU, S. **Carbohydrate utilization versus body size in tilapia *Oreochromis niloticus* × *O. aureus***, en Aquaculture. Vol.104: 585 a 588. Marzo 1993.

VIOLA, S.; ARIELI, Y. y ZOHAR, G. **Animal protein free for hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) in intensive culture**, en Aquaculture. Vol.75: 115 a 125. Febrero 1988

YONES, A. **Effect of lupin kernel meal as plant protein source in diets of red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*), on growth performance and nutrients utilization**, en African J. Biol. Sci. Vol.6: 1 a 6. Octubre 2010.

YOUNIS, A. **Inclusion of lupin meal and effect of a commercial feed supplement (Synergen™) in diets for carp, *Cyprinus carpio***. Tesis para optar al grado de Maestría de Investigación. Plymouth. University of Plymouth. 2013.

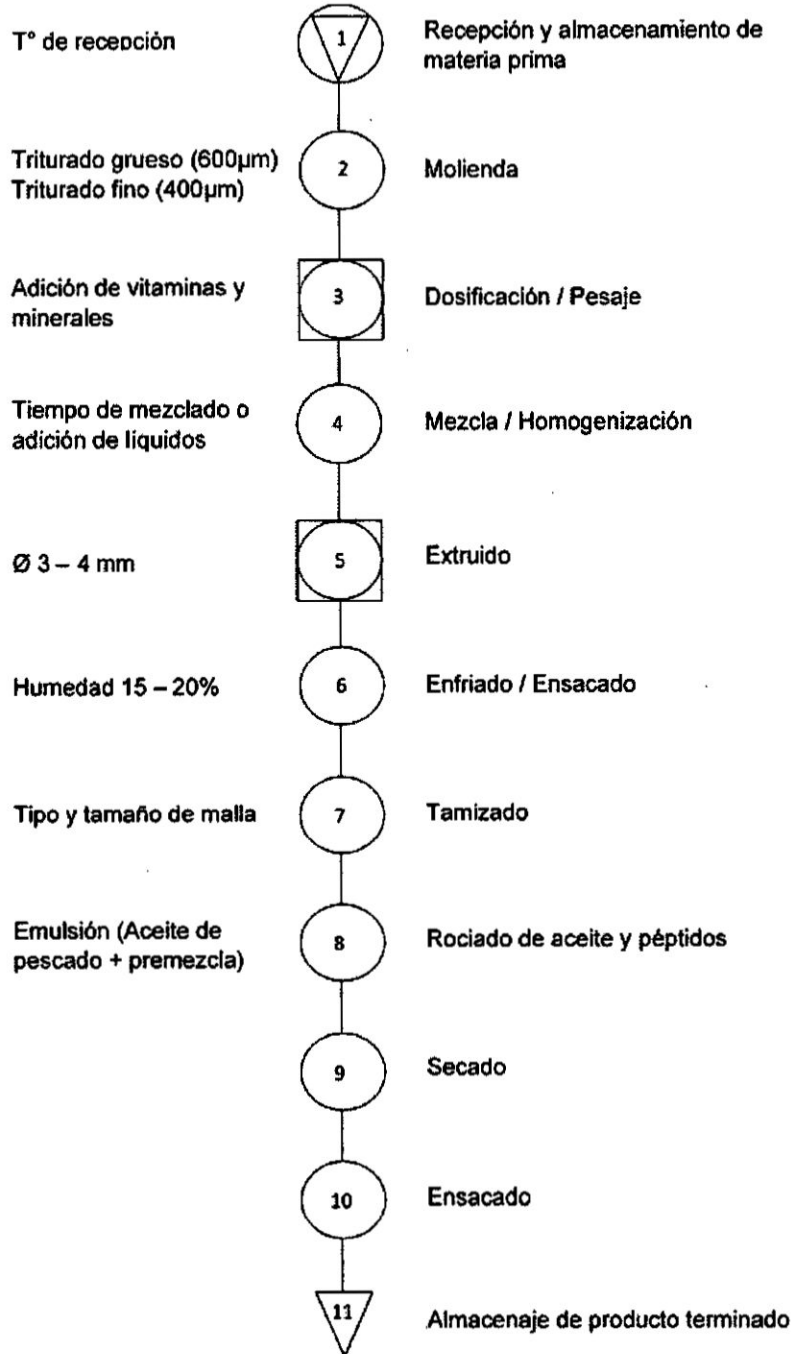
ANEXOS

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS																		
<p>¿Qué efecto producirá el reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en las dietas alimenticias para tilapia nilótica en su crecimiento e índices productivos?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar el efecto del reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi sobre el crecimiento e índices productivos en las dietas alimenticias para tilapia nilótica.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el efecto de la sustitución de 35% de harina de pescado por harina de tarwi en la dieta alimenticia sobre la ganancia de peso, conversión alimentaria, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, tasa de eficiencia proteica, coeficiente térmico de crecimiento e índice hepatosomático. • Determinar el efecto de la sustitución de 45% de harina de pescado por harina de tarwi en la dieta alimenticia sobre la ganancia de peso, conversión alimentaria, factor de condición, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento absoluto, tasa de eficiencia proteica, coeficiente térmico de crecimiento e índice hepatosomático. • Determinar el efecto económico del reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi con niveles de 35 y 45% en las dietas alimenticias para tilapia nilótica. 	<p>El reemplazo parcial de harina de pescado (HP) por harina de tarwi (HT) en las dietas formuladas para tilapia nilótica afectarán significativamente el crecimiento (ganancia de peso y talla) e índices productivos.</p>																		
METODO Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA																			
<p>Es de tipo experimental con un diseño completamente aleatorizado (DCA) al azar, con pre prueba – post prueba, con 2 tratamientos, un grupo control y 3 tres repeticiones, haciendo un total de 9 unidades experimentales.</p> <p>Diseño de investigación</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 10%;">R</td> <td style="width: 10%;">G₁</td> <td style="width: 10%;">O₁</td> <td style="width: 10%;">X₁</td> <td style="width: 10%;">O₂</td> <td style="width: 50%;">X₁= Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 35%</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>G₂</td> <td>O₃</td> <td>X₂</td> <td>O₄</td> <td>X₂= Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 45%</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>G₃</td> <td>O₅</td> <td>-</td> <td>O₆</td> <td>- = Alimento control</td> </tr> </table>	R	G ₁	O ₁	X ₁	O ₂	X ₁ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 35%	R	G ₂	O ₃	X ₂	O ₄	X ₂ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 45%	R	G ₃	O ₅	-	O ₆	- = Alimento control	<p>POBLACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> •La población estará constituida por 63 tilapias obtenidas de los tanques de cultivo de la Universidad Nacional Agraria La Molina. •Se realizarán 2 pruebas y se tendrá un grupo control. •Las pruebas experimentales con reemplazos de 35 y 45% de sustitución de harina de pescado por harina de tarwi y el grupo control con 100% de harina de pescado. <p>MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> •La muestra estará constituida por 63 juveniles de tilapia de 90 a 100 g de peso promedio y 18 cm de longitud total promedio distribuidos en las 9 unidades experimentales (7 individuos por unidad experimental) de acuerdo al diseño de la investigación. •La toma de datos (peso-talla) se realizará semanalmente. 	
R	G ₁	O ₁	X ₁	O ₂	X ₁ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 35%															
R	G ₂	O ₃	X ₂	O ₄	X ₂ = Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de tarwi en proporción de 45%															
R	G ₃	O ₅	-	O ₆	- = Alimento control															

Otros anexos

Anexo N° 1: Diagrama de flujo de operaciones para la elaboración de alimento balanceado



Anexo N° 4: Modelo donde se realizó semanalmente el registro de alcalinidad y dureza

REGISTRO DE ALCALINIDAD Y DUREZA

Año:

Días de cultivo	kH	gH
Promedio		

Anexo N° 5: Promedio semanal del registro de temperaturas para cada tratamiento

Promedio del registro de temperaturas

Semana	Tratamientos		
	L-0	L-35	L-45
1	29	29	29
2	30	29	29
3	29,5	29,5	29
4	29	30	29,5
5	29,5	30	29,5
6	30,5	29,5	30
7	29	29,5	29,5
8	29,5	29	29
9	29,5	29,5	29,5
10	29	29,5	30
11	29,5	29,5	29,5
12	30	30	29,5
13	29,5	29,5	30
PROMEDIO	29,5	29,5	29,5

Anexo N° 6: Promedio general de los parámetros químicos del agua para cada tratamiento

Promedio de parámetros químicos del agua

Tratamiento	O ₂	pH	NH ₃	NH ₄	NO ₃	PO ₄	kH	gH	Fe
L-0	4- 6 mg/L	7,5	0 - 0,5 mg/L	0 - 0,5 mg/L	10,0 mg/L	1,0	5,0	90 ppm	0,0
L-35	4- 6 mg/L	7,5	0 - 0,5 mg/L	0 - 0,5 mg/L	10,0 mg/L	1,0	5,0	90 ppm	0,0
L-45	4- 6 mg/L	7,5	0 - 0,5 mg/L	0 - 0,5 mg/L	10,0 mg/L	1,0	5,0	90 ppm	0,0

Anexo N° 7: Peso

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
Peso	L-35	0,813	3	0,146
	L-45	0,955	3	0,591
	L-0	0,967	3	0,780

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Peso

F	df1	df2	Sig.
2,186	2	6	0,194

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	33,4000 [*]	4,97192	0,001	18,1448	48,6552
		L-0	47,8000 [*]	4,97192	0,000	32,5448	63,0552
	L-45	L-35	-33,4000 [*]	4,97192	0,001	-48,6552	-18,1448
		L-0	14,4000	4,97192	0,062	-0,8552	29,6552
	L-0	L-35	-47,8000 [*]	4,97192	0,000	-63,0552	-32,5448
		L-45	-14,4000	4,97192	0,062	-29,6552	0,8552
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	47,8000 [*]	4,97192	0,000	33,5666	62,0334
	L-45	L-0	14,4000 [*]	4,97192	0,048	0,1666	28,6334

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) =37.080.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 8: Longitud total

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
Longitud	L-35	0,907	3	0,407
Total	L-45	0,923	3	0,463
	L-0	0,996	3	0,878

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Longitud Total

F	df1	df2	Sig.
1,004	2	6	0,421

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Longitud total

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,5667*	0,32318	0,262	-0,4249	1,5583
		L-0	1,0667*	0,32318	0,038	0,0751	2,0583
	L-45	L-35	-0,5667*	0,32318	0,262	-1,5583	0,4249
		L-0	0,5000	0,32318	0,336	-0,4916	1,4916
	L-0	L-35	-1,0667*	0,32318	0,038	-2,0583	-0,0751
		L-45	-0,5000	0,32318	0,336	-1,4916	0,4916
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	1,0667*	0,32318	0,029	0,1415	1,9918
	L-45	L-0	0,5000	0,32318	0,281	-0,4252	1,4252

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .157.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 9: Factor de condición

Pruebas de normalidad

Nivel		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Factor de condición	L-35	0,793	3	0,097
	L-45	0,911	3	0,420
	L-0	0,983	3	0,752

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Factor de condición

F	df1	df2	Sig.
1,268	2	6	0,347

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Factor de condición

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,1564	0,05474	0,065	-0,0115	0,3244
		L-0	0,1488	0,05474	0,077	-0,0192	0,3167
	L-45	L-35	-0,1564	0,05474	0,065	-0,3244	0,0115
		L-0	-0,0077	0,05474	0,989	-0,1756	0,1603
	L-0	L-35	-0,1488	0,05474	0,077	-0,3167	0,0192
		L-45	0,0077	0,05474	0,989	-0,1603	0,1756
T de Dunnett (bilateral) ^a	L-35	L-0	0,1488	0,05474	0,060	-0,0079	0,3055
	L-45	L-0	-0,0077	0,05474	0,986	-0,1644	0,1490

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .004.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 10: Tasa de crecimiento específica (SGR)

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gi	Sig.
Tasa de crecimiento específico	L-35	0,949	3	0,563
	L-45	0,946	3	0,554
	L-0	0,998	3	0,912

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Tasa de crecimiento específico

F	df1	df2	Sig.
0,022	2	6	0,978

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Tasa de crecimiento específico

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,1440	0,07682	0,226	-0,0917	0,3797
		L-0	,2773*	0,07682	0,026	0,0416	0,5130
	L-45	L-35	-0,1440	0,07682	0,226	-0,3797	0,0917
		L-0	0,1333	0,07682	0,268	-0,1024	0,3690
	L-0	L-35	-,2773*	0,07682	0,026	-0,5130	-0,0416
		L-45	-0,1333	0,07682	0,268	-0,3690	0,1024
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	,2773*	0,07682	0,020	0,0574	0,4972
	L-45	L-0	0,1333	0,07682	0,220	-0,0866	0,3532

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,009.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 11: Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
Tasa de crecimiento absoluto	L-35	0,982	3	0,740
	L-45	0,987	3	0,781
	L-0	0,999	3	0,930

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Tasa de crecimiento absoluto

F	df1	df2	Sig.
0,025	2	6	0,976

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Tasa de crecimiento absoluto

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,2440	0,09788	0,103	-0,0564	0,5443
		L-0	,4348	0,09788	0,010	0,1344	0,7351
	L-45	L-35	-0,2440	0,09788	0,103	-0,5443	0,0564
		L-0	0,1908	0,09788	0,206	-0,1095	0,4911
	L-0	L-35	-,4348	0,09788	0,010	-0,7351	-0,1344
		L-45	-0,1908	0,09788	0,206	-0,4911	0,1095
t de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	,4348	0,09788	0,008	0,1546	0,7150
	L-45	L-0	0,1908	0,09788	0,166	-0,0894	0,4710

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,014.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 12: Coeficiente térmico de crecimiento

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Coeficiente térmico de crecimiento	L-35	0,968	3	0,657
	L-45	0,963	3	0,631
	L-0	0,955	3	0,594

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Coeficiente térmico de crecimiento

F	df1	df2	Sig.
0,079	2	6	0,925

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Coeficiente térmico de crecimiento

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,00008771	0,000043562	0,190	-0,00004595	0,00022137
		L-0	,00015857*	0,000043562	0,025	0,00002491	0,00029223
	L-45	L-35	-0,00008771	0,000043562	0,190	-0,00022137	0,00004595
		L-0	0,00007086	0,000043562	0,306	-0,00006280	0,00020452
	L-0	L-35	-,00015857*	0,000043562	0,025	-0,00029223	-0,00002491
		L-45	-0,00007086	0,000043562	0,306	-0,00020452	0,00006280
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	,00015857*	0,000043562	0,019	0,00003386	0,00028328
	L-45	L-0	0,00007086	0,000043562	0,254	-0,00005385	0,00019557

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 2.85E-009.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 13: Porcentaje de incremento en peso (%IP)

Pruebas de normalidad

Nivel		Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
%	L-35	0,979	3	0,722
Incremento	L-45	0,999	3	0,933
en peso	L-0	0,993	3	0,841

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: % Incremento en peso

F	df1	df2	Sig.
0,051	2	6	0,950

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: % Incremento en peso

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	13,9800	4,70243	0,056	-0,4484	28,4084
		L-0	23,9300	4,70243	0,005	9,5016	38,3584
	L-45	L-35	-13,9800	4,70243	0,056	-28,4084	0,4484
		L-0	9,9500	4,70243	0,167	-4,4784	24,3784
	L-0	L-35	-23,9300	4,70243	0,005	-38,3584	-9,5016
		L-45	-9,9500	4,70243	0,167	-24,3784	4,4784
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	23,9300	4,70243	0,004	10,4681	37,3919
	L-45	L-0	9,9500	4,70243	0,133	-3,5119	23,4119

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 33,169.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 14: Factor de conversión alimenticia (FCA)

Pruebas de normalidad

Nivel		Shapiro-Wilk		Sig.
		Estadístico	gl	
Factor de conversión alimenticia	L-35	0,986	3	0,773
	L-45	0,988	3	0,790
	L-0	0,757	3	0,016

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Factor de conversión alimenticia

F	df1	df2	Sig.
0,712	2	6	0,528

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Factor de conversión alimenticia

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	-0,1244	0,08552	0,374	-0,3868	0,1380
		L-0	-0,0553	0,08552	0,801	-0,3177	0,2071
	L-45	L-35	0,1244	0,08552	0,374	-0,1380	0,3868
		L-0	0,0691	0,08552	0,712	-0,1933	0,3315
	L-0	L-35	0,0553	0,08552	0,801	-0,2071	0,3177
		L-45	-0,0691	0,08552	0,712	-0,3315	0,1933
T de Dunnett (bilateral) ^a	L-35	L-0	-0,0553	0,08552	0,753	-0,3001	0,1895
	L-45	L-0	0,0691	0,08552	0,654	-0,1757	0,3139

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,011.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N° 15: Tasa de eficiencia proteica (PER)

Pruebas de normalidad

Nivel		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tasa de eficiencia proteica	L-35	1,000	3	0,966
	L-45	0,998	3	0,923
	L-0	0,845	3	0,227

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente: Tasa de eficiencia proteica

F	df1	df2	Sig.
0,028	2	6	0,973

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Tasa de eficiencia proteica

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	0,0867	0,19859	0,902	-0,5226	0,6960
		L-0	-0,3548	0,19859	0,252	-0,9641	0,2545
	L-45	L-35	-0,0867	0,19859	0,902	-0,6960	0,5226
		L-0	-0,4415	0,19859	0,145	-1,0508	0,1678
	L-0	L-35	0,3548	0,19859	0,252	-0,2545	0,9641
		L-45	0,4415	0,19859	0,145	-0,1678	1,0508
T de Dunnett (bilateral) ^a	L-35	L-0	-0,3548	0,19859	0,206	-0,9233	0,2137
	L-45	L-0	-0,4415	0,19859	0,116	-1,0100	0,1270

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .059.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

Anexo N°16: Índice hepatosomático (IHS)

Pruebas de normalidad

Nivel		Shapiro-Wilk		Sig.
		Estadístico	gl	
Índice hepatosomático	L-35	0,964	3	0,637
	L-45	0,999	3	0,935
	L-0	0,871	3	0,298

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a

Variable dependiente:

F	df1	df2	Sig.
0,430	2	6	0,669

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Nivel

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Índice hepatosomático

	(I) Nivel	(J) Nivel	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	L-35	L-45	-.4067	0,05470	0,001	-0,5745	-0,2388
		L-0	-.5833*	0,05470	0,000	-0,7512	-0,4155
	L-45	L-35	.4067	0,05470	0,001	0,2388	0,5745
		L-0	-.1767	0,05470	0,041	-0,3445	-0,0088
	L-0	L-35	.5833*	0,05470	0,000	0,4155	0,7512
		L-45	.1767	0,05470	0,041	0,0088	0,3445
T de Dunnett (bilateral) ^b	L-35	L-0	-.5833*	0,05470	0,000	-0,7399	-0,4267
	L-45	L-0	-.1767	0,05470	0,031	-0,3333	-0,0201

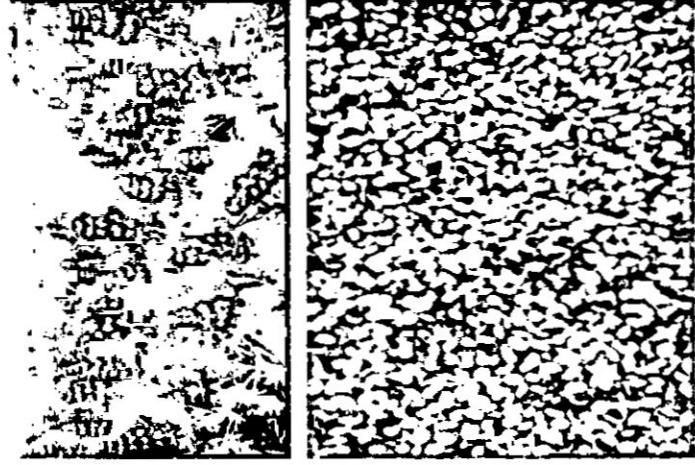
Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .004.

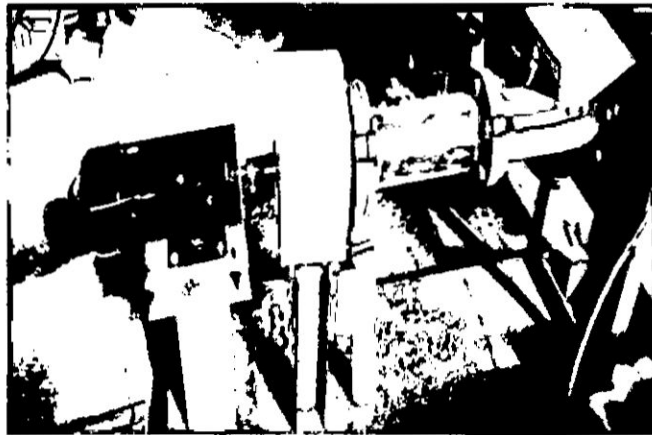
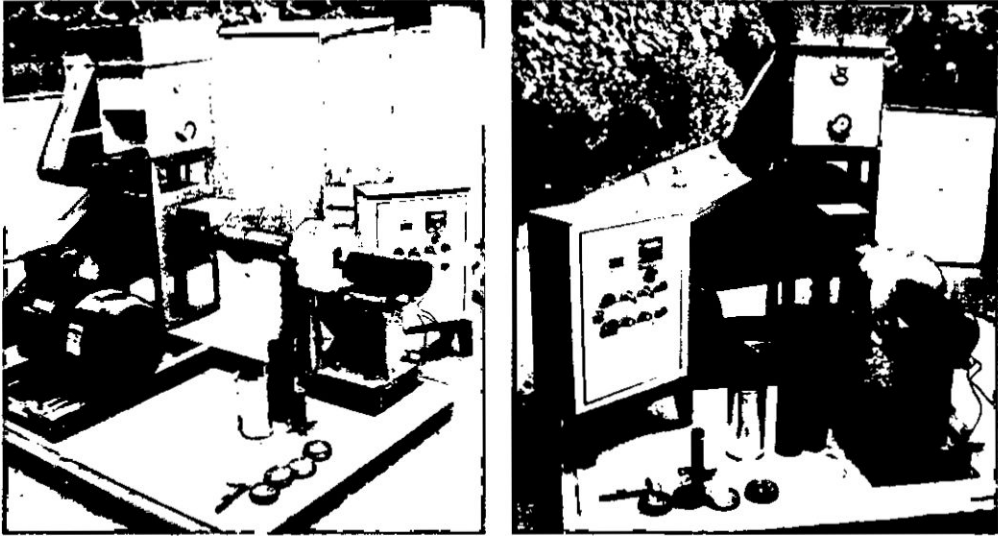
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

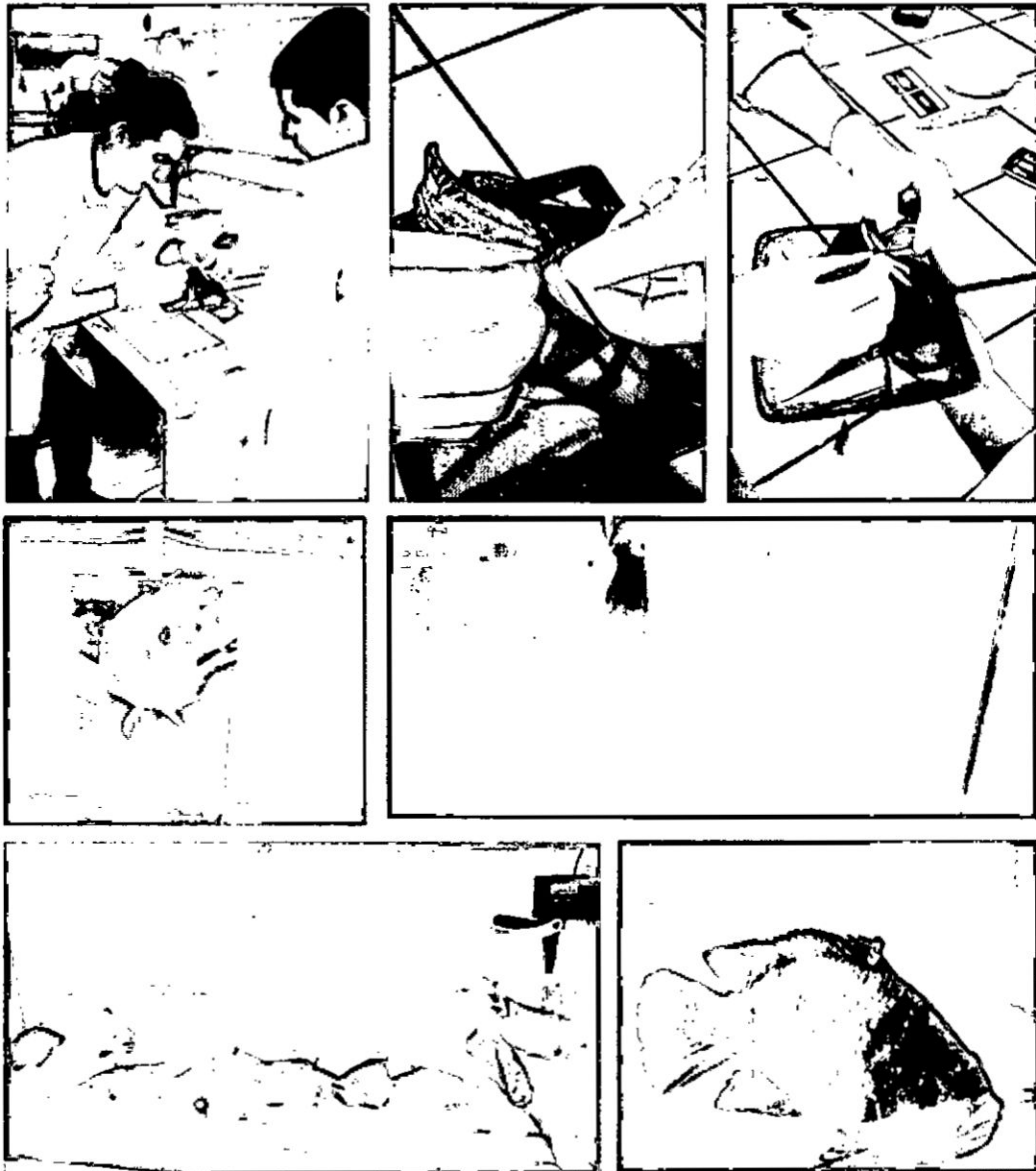
Anexo N° 17: Plantaciones y semilla del tarwi (*Lupinus mutabilis*)



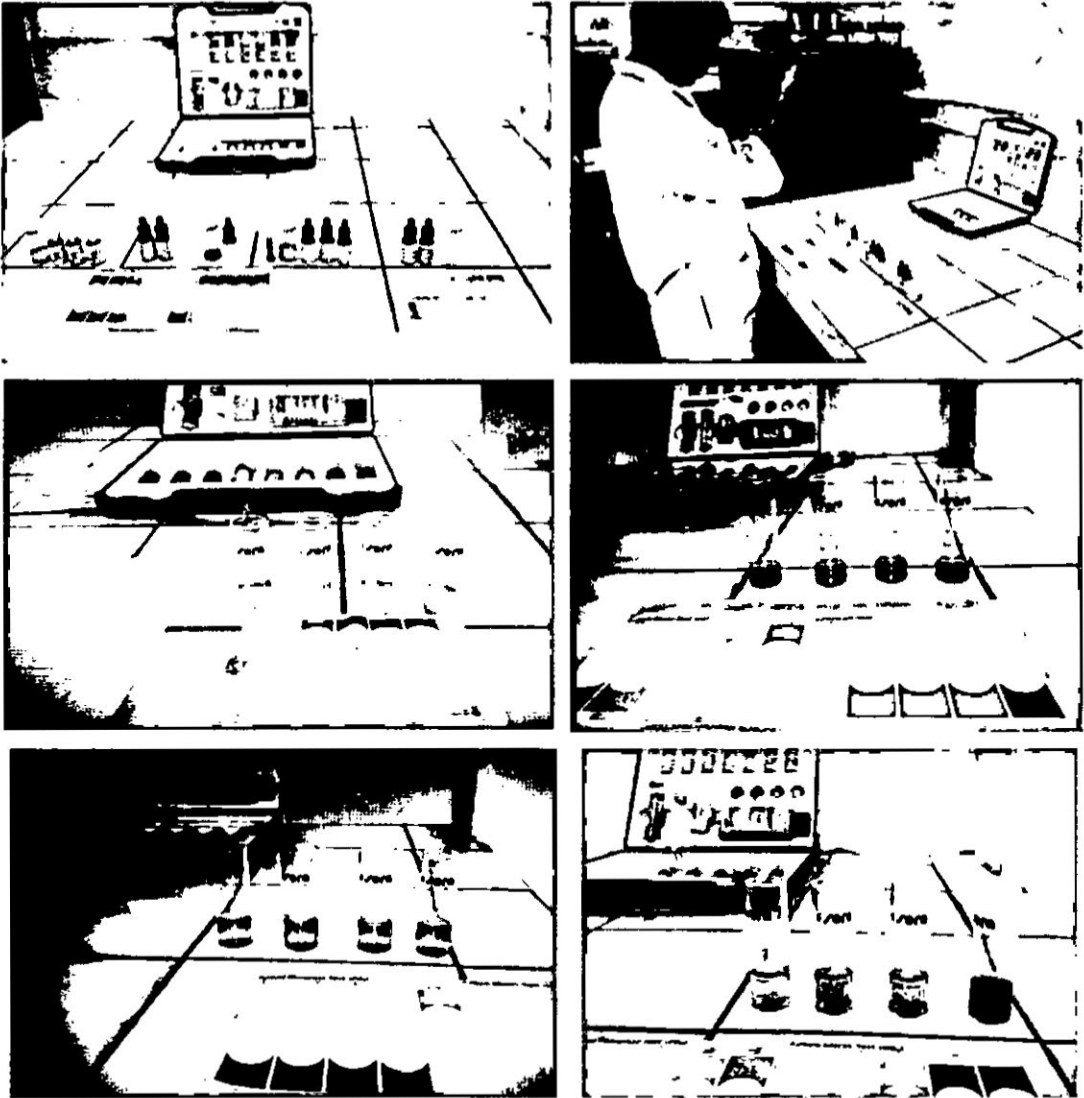
Anexo N° 18: Extrusora



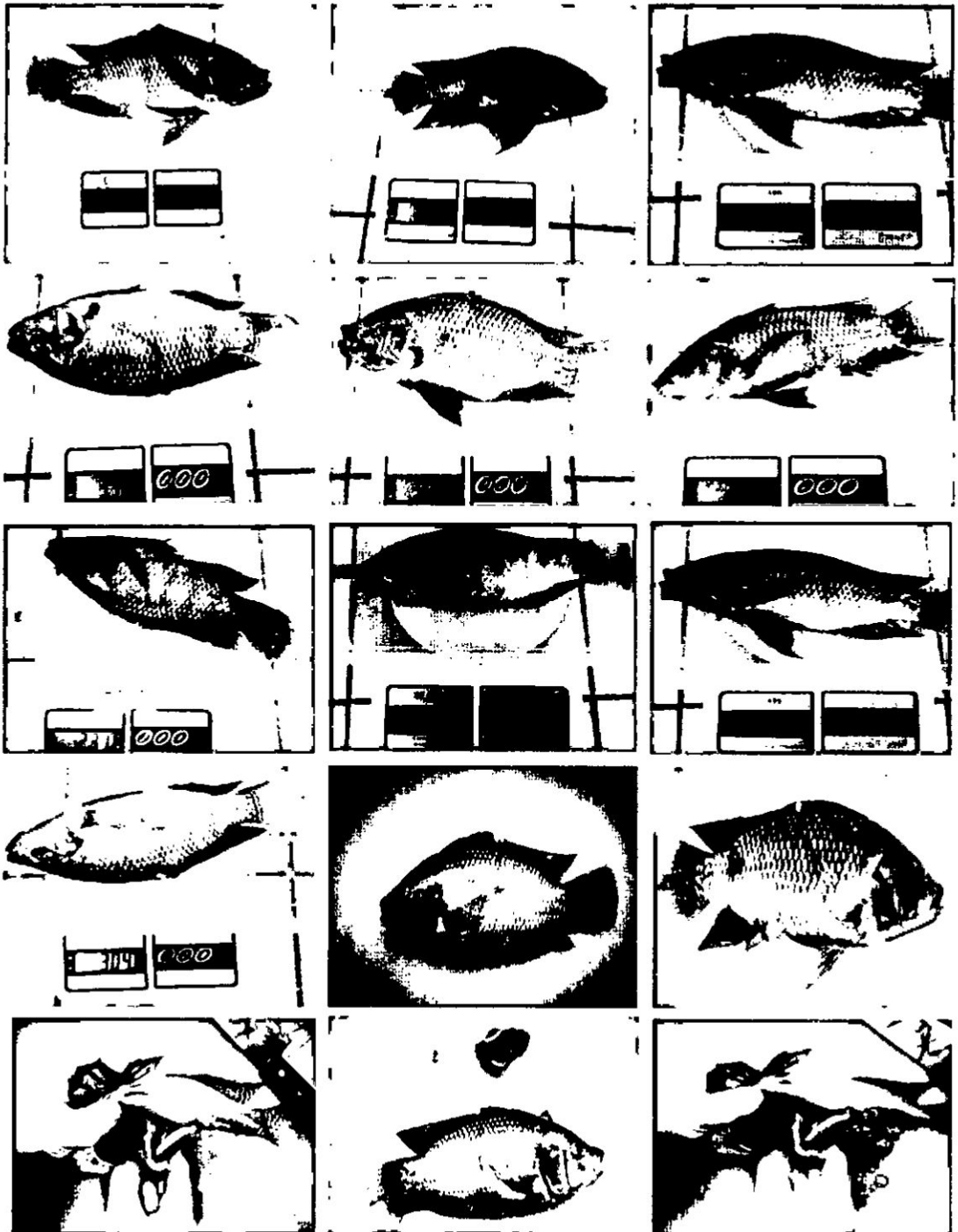
Anexo N° 19: Codificación de peces con marcadores en aleta dorsal



Anexo N° 21: Medición de calidad del agua



Anexo N° 22: Medición de peso





**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002983-2017

SOLICITANTE : NUÑEZ CAMPOS LUI RENATTO / MESTANZA PEREZ JORGE JESUS
 DIRECCIÓN LEGAL : URB. PROCIÓN 2 MZ E LT 26
 RUC: 47421064 Teléfono: 983805405
 PRODUCTO : ALIMENTO BALANCEADO PARA TILAPIA
 NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
 IDENTIFICACIÓN/MITRA : L 100
 CANTIDAD RECIBIDA : 651,3 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
 MARCA(S) : S.M.
 FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
 SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 001682-2017
 REFERENCIA : PERSONAL
 FECHA DE RECEPCIÓN : 07/04/2017
 ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
 PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.



ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1.- Proteína cruda (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	39,4	39,53	39,45
2.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	7,9	7,90	7,94
3.- Grasa (g / 100 g de muestra original)	5,5	5,51	5,52
4.- Humedad (g / 100 g de muestra original)	8,0	7,94	7,96
5.- Fibra Cruda (g / 100 g de muestra original)	2,6	2,61	2,57

ENSAYOS	RESULTADO
6.- % Kcal. proveniente de Grasa	13,6
7.- % Kcal. proveniente de Proteínas	43,3
8.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	39,2
9.- Energía Total(Kcal/100 g de muestra original)	363,9
10.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	43,1

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- AOAC 954.01 Cap. 4, Pág. 24, 20th Edition 2016
- 2.- AOAC 942.05 Cap. 4, Pág. 8, 20th Edition 2016
- 3.- AOAC 920.39 Cap. 4, Pág. 40, 20th Edition 2016
- 4.- AOAC 934.01 Cap. 4, Pág. 1, 20th Edition 2016
- 5.- NTP 205 003:1980 (Revisada al 2011)
- 6.- Por Cálculo MS-INN Colfazos 1993
- 7.- Por Cálculo MS-INN Colfazos 1993
- 8.- Por Diferencia MS-INN Colfazos 1993
- 9.- Por Cálculo MS-INN Colfazos 1993
- 10.- Por Cálculo MS-INN Colfazos 1993

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 002983-2017

Pág. 1/2



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002982-2017

SOLICITANTE : NUÑEZ CAMPOS LUI RENATTO / MESTANZA PEREZ JORGE JESUS
DIRECCIÓN LEGAL : URB. PROCIÓN 2 MZ E LT 26
 RUC: 47421064 Teléfono: 983805405
PRODUCTO : ALIMENTO BALANCEADO PARA TILAPIA
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MITRA : L 45
CANTIDAD RECIBIDA : 651,3 g (-envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 001682-2017
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/04/2017
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
 ALCANCE: N.A.



ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1.- Proteína cruda (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6.25)	37,1	37,09	37,12
2.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	7,0	6,88	6,96
3.- Grasa (g / 100 g de muestra original)	8,7	8,71	8,73
4.- Humedad (g / 100 g de muestra original)	7,8	7,79	7,85
5.- Fibra Cruda (g / 100 g de muestra original)	3,9	3,86	3,91

ENSAYOS	RESULTADO
6.- % Kcal. proveniente de Grasa	20,4
7.- % Kcal. proveniente de Proteínas	38,6
8.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	39,4
9.- Energía Total(Kcal/100 g de muestra original)	384,3
10.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	41,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- AOAC 954.01 Cap. 4, Pág. 24, 20th Edition 2016
- 2.- AOAC 942.05 Cap. 4, Pág. 6, 20th Edition 2016
- 3.- AOAC 920.39 Cap. 4, Pág. 40, 20th Edition 2016
- 4.- AOAC 934.01 Cap. 4, Pág. 1, 20th Edition 2016
- 5.- NTP 205.003:1980 (Revisada al 2011)
- 6.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 9.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 10.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 002982-2017

Pág. 1/2



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002981- 2017

SOLICITANTE : NUÑEZ CAMPOS LUI RENATTO / MESTANZA PEREZ JORGE JESUS
DIRECCIÓN LEGAL : URB. PROCIÓN 2 MZ E LT 26
RUC: 47421064 Teléfono: 982 805405
PRODUCTO : ALIMENTO BALANCEADO PARA TILAPIA
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : L.35
CANTIDAD RECIBIDA : 589,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa cerrada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 001682-2017
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 07/04/2017
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:
ALCANCE: N.A.



ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
1.- Proteína cruda (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6,25)	36,3	36,31	36,25
2.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	6,8	6,79	6,83
3.- Grasa (g / 100 g de muestra original)	5,5	5,45	5,48
4.- Humedad (g / 100 g de muestra original)	8,4	8,38	8,42
5.- Fibra Cruda (g / 100 g de muestra original)	3,2	3,23	3,22

ENSAYOS	RESULTADO
6.- % Kcal. proveniente de Grasa	13,5
7.- % Kcal. proveniente de Proteínas	39,6
8.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	43,0
9.- Energía Total(Kcal/100 g de muestra original)	366,7
10.- % Kcal. proveniente de Carbohidratos	46,9

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

- 1.- AOAC 954.01 Cap. 4, Pág. 24, 20th Edition 2016
- 2.- AOAC 942.05 Cap. 4, Pág. 8, 20th Edition 2016
- 3.- AOAC 920.39 Cap. 4, Pág. 40, 20th Edition 2016
- 4.- AOAC 934.01 Cap. 4, Pág. 1, 20th Edition 2016
- 5.- NTP 205.003:1990 (Revisada al 2011)
- 6.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 7.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 8.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 9.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 10.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993

CONTINÚA INFORME DE ENSAYOS N° 002981-2017

Pág 1/2

