

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICIÓN**



**“REEMPLAZO DEL ACEITE CRUDO DE SOYA POR ACEITE
ACIDULADO DE SOYA EN DIETAS PARA ALEVINES DE TRUCHA
(*Oncorhynchus mykiss*)”**

Presentado por:

SONIA GRACIELA HERBAS INGA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima - Perú

2017

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISION DE LITERATURA	2
2.1.	ACEITE ACIDULADO DE SOYA	2
2.1.1.	Proceso de acidulación	3
2.1.2.	Valor nutricional.....	5
2.2.	ACEITE CRUDO DE SOYA	5
2.2.1.	Características generales.....	5
2.2.1.	Valor nutricional.....	7
2.1.	LOS LÍPIDOS EN LA NUTRICIÓN DE PECES.....	7
2.3.1.	Estructura química	9
2.3.2.	Digestión y absorción	10
2.3.3.	Metabolismo	12
2.2.	USO DEL ACEITE ACIDULADO DE SOYA EN ALIMENTACIÓN ANIMAL	13
2.3.	LA TRUCHA ARCO IRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	16
2.5.1.	Generalidades	16
2.5.2.	Nutrición y alimentación	17
2.5.3.	Condiciones de Calidad de Agua.....	21
III.	MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1.	LUGAR Y PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN	24
3.2.	INSTALACIONES Y EQUIPOS	24
3.3.	ANIMALES EXPERIMENTALES	25
3.4.	PRODUCTO EVALUADO.....	25
3.5.	TRATAMIENTOS	26
3.6.	DIETAS EXPERIMENTALES	26
3.7.	MANEJO EXPERIMENTAL.....	26
3.8.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	29
3.8.1.	Tasa y frecuencia de alimentación.....	29

3.8.2.	Suministro de alimento.....	29
3.9.	EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA.....	29
3.9.1.	Temperatura.....	30
3.9.2.	Oxígeno disuelto.....	30
3.9.3.	pH.....	30
3.9.4.	Dureza.....	30
3.9.5.	Nitrógeno amoniacal.....	30
3.9.6.	Nitrito	30
3.10.	EVALUACIONES BIOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS.....	31
3.10.1.	Peso vivo unitario y talla	31
3.10.2.	Biomasa total	31
3.10.3.	Ganancia de biomasa (G) e Incremento de talla (L).....	31
3.10.4.	Consumo de Alimento	32
3.10.5.	Conversión Alimentaria (CA)	32
3.10.6.	Sobrevivencia	32
3.10.7.	Costo de alimento por Kilogramo de ganancia de peso	33
3.10.8.	Relación de eficiencia proteica (PER).....	33
3.11.	DISEÑO ESTADÍSTICO	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	34
4.1	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	34
4.2	PESO Y GANANCIA DE PESO	34
4.3	TALLA FINAL E INCREMENTO DE TALLA	37
4.4	CONSUMO DE ALIMENTO	38
4.5	CONVERSION ALIMENTICIA	41
4.6	SOBREVIVENCIA	41
4.7	RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)	42
4.8	COSTO DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO	42
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	45
VII.	BIBLIOGRAFIA	46
VIII.	ANEXOS	59

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1. Composición de ácidos grasos de aceite acidulado de soya (%) dada por diferentes autores.	6
2. Composición de los principales ácidos grasos del aceite crudo de soya.	8
3. Requerimientos de aminoácidos esenciales de la trucha arco iris.	20
4. Composición porcentual y contenido nutricional estimado de las dietas	27
5. Fórmula de premezcla Acuicultura.	28
6. Efecto de los diferentes niveles de aceite acidulado de soya en el desarrollo productivo de alevines de trucha arco iris.	35
7. Consumo estimado de los componentes nutricionales de las dietas (g).	39

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1. Diagrama de flujo de obtención del aceite acidulado de soya	4
2. Peso inicial, final y ganancia de peso (g)	36
3. Incremento de talla por tratamiento (cm)	36
4. Total de alimento consumido por alevín (g)	39

INDICE DE ANEXOS

<u>Anexo</u>	<u>Página</u>
1. Registro de los parámetros de calidad de agua	59
2. Distribución de las unidades experimentales	59
3. Análisis químico de las dietas experimentales	60
4. Peso inicial, peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.	60
5. Ganancia de biomasa	61
6. Incremento de talla por tratamiento	61
7. Costo de las dietas	62
8. Costos de alimento por kilogramo de ganancia de peso	62
9. Relación de eficiencia proteica	63
10. Análisis de variancia del peso	63
11. Análisis de variancia de la biomasa	64
12. Análisis de variancia del incremento de talla	65
13. Análisis de la variancia del consumo de alimento	66
14. Análisis de variancia de la conversión alimenticia	67
15. Análisis de variancia del costo de alimento por Kg de ganancia de peso	67
16. Análisis de variancia de la relación de eficiencia proteica	67
17. Instalaciones y equipos del laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)	68
18. Plano de laboratorio de investigación y nutrición de peces y crustáceos (LINAPC)	69

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar los efectos de la utilización del aceite acidulado de soya en reemplazo (peso a peso) del aceite crudo de soya en dietas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Los parámetros productivos que se evaluaron fueron consumo de alimento, ganancia de peso vivo, incremento de talla, conversión alimenticia, sobrevivencia, relación de eficiencia proteica y costo de alimentación. Se emplearon doscientos dieciséis alevines de trucha arco iris con un peso promedio de 1.47 ± 0.3 g y longitud de 4.1 – 5.2 cm, los cuales fueron distribuidos en 9 acuarios. Los peces fueron asignados a 3 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones. Los tratamientos incluyeron dos tipos de aceite: aceite acidulado de soya (AAS) y aceite crudo de soya (ACS) en la relación 0:5.0 (T1), 2.5:2.5 (T2) y 5.0:0 (T3). Las dietas experimentales se elaboraron en la Planta de Alimentos del Programa de Proyección Social de la Universidad Nacional Agraria La Molina, según los requerimientos nutricionales del pez en la etapa de inicio en cumplimiento con la NRC (2011). Los pesos y tallas de los peces fueron calculados al inicio y al final de la investigación. Las dietas fueron sometidas a un análisis proximal. Los resultados mostraron que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para ningún parámetro ($p > 0.05$). Se obtuvo una disminución en los costos hasta 5,12% respecto al uso de ACS. Se concluye que es factible utilizar el aceite acidulado de soya en los niveles evaluados en reemplazo (peso a peso) del aceite crudo de soya sin afectar el rendimiento productivo de la trucha a un menor costo.

Palabras clave: *Trucha, aceite acidulado de soya, aceite crudo de soya, ácidos grasos.*

ABSTRACT

The aim of the present investigation was to determine the effects of the use of acidulated soybean oil in replacement (weight to weight) of crude soybean oil in diets for rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*). The productive parameters that were evaluated were feed intake, weight gain, size increase, feed conversion, survival, protein efficiency ratio and feed cost. Two hundred and sixteen rainbow trout fingerlings with an average weight of 1.47 ± 0.3 g and a size of 4.1 - 5.2 cm were used, which were distributed in 9 aquariums. The fish were assigned to 3 treatments, each with 3 repetitions. Treatments included two types of oil: acidulated soybean oil (AAS) and crude soybean oil (ACS) in the ratio 0: 5.0 (T1), 2.5: 2.5 (T2) and 5.0: 0 (T3). Experimental diets were elaborated in the Food Plant of the Program of Social Projection of the National Agrarian University La Molina, according to the nutritional requirements of the fish in the beginning stage in compliance to NRC (2011). The weights and sizes of the fish were calculated at the beginning and at the end of the investigation. The diets were subjected to a proximal analysis. The results showed that there is no significant difference between treatments for any parameter ($p > 0.05$). A reduction in costs up to 5.12% was obtained with respect to the use of ACS. It is concluded that it is feasible to use acidulated soybean oil at the levels evaluated in replacement (weight to weight) of the crude soybean oil without affecting the productive performance of the trout at a lower cost.

Key words: *Trout, acidulated soybean oil, crude soybean oil, fatty acids*

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es considerada una actividad de interés nacional debido a que constituye una importante fuente de alimentos de origen hidrobiológico con alto valor nutricional para la alimentación humana. Nuestro país tiene potencial para el desarrollo de la acuicultura porque cuenta con las condiciones ambientales adecuadas que propician el cultivo de diversas especies que actualmente son productos de exportación, como es el caso de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Esta especie fue introducida al Perú, sin embargo, se ha adaptado bien a las condiciones climáticas de aguas frías, encontrándose actualmente distribuida en toda la Sierra peruana, siendo Puno y Junín los principales departamentos dedicados al cultivo de esta especie.

En una explotación, alimentar peces consiste en cubrir las necesidades nutricionales que precisen en cada momento y en la cantidad necesaria como para cualquier otro animal en producción, siendo prioridad para la empresa del sector de alimentación animal disponer de fuentes de nutrientes de calidad a precio competitivo. Ante el alza de precios y la escasez de los ingredientes convencionales, surge la búsqueda de nuevas alternativas a fin de garantizar la sostenibilidad de la acuicultura como fuente proteica. De ahí mejorar las dietas de los peces es de gran importancia a fin de obtener una mejor conversión alimenticia y mayor ganancia de peso. Algunos subproductos, como los aceites acidulados procedentes de la refinación química y física de grasas y aceites, son una alternativa económica importante debido a su alto aporte energético cuando se comparan con otras fuentes de grasa utilizadas tradicionalmente como el aceite de soya. Se requiere su evaluación antes de su uso a nivel comercial.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar los efectos del reemplazo (peso a peso) en la dieta del aceite crudo de soya por aceite acidulado de soya en las características productivas de alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) criados en condiciones de laboratorio, determinado por los parámetros de consumo de alimento, peso, talla, conversión alimenticia, sobrevivencia, costo de alimentación y relación de eficiencia proteica.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ACEITE ACIDULADO DE SOYA

Los aceites acidulados se obtienen a partir del residuo sólido (borra) proveniente del refinamiento de aceites crudos (Zumbado et al., 1994), en la etapa de neutralización de la acidez libre del aceite (ASAGIR, 2003). La borra está constituida básicamente por agua, sales de sodio de ácidos grasos, triglicéridos, fosfolípidos, material insaponificable y productos de degradación (Woerfel, 1995).

Sus propiedades físico-químicas tienden a cambiar con el tipo de fuente de aceite vegetal, procesamiento de semillas, manejo y las condiciones de almacenamiento (Dumont y Narine, 2007). La borra puede ser sólido (Reaney, 2002; Keskin et al, 2008; Haas et al., 2001) o líquido; también se conoce como una mezcla acuosa emulsionada de glicéridos y ácidos grasos libres (Haas et al., 2003).

La consistencia de los aceites acidulados a temperatura ambiente varía de líquido a espeso (Down, 1996), y su color es mucho más oscuro ya que durante el proceso de refinado se concentran los pigmentos del aceite del cual procede (Mateos et al., 1996). Este ha sido utilizado en la industria de alimentación animal, aunque con varios cuestionamientos sobre su eficiencia, tales como la manipulación de otros ácidos grasos con bajo valor nutricional, nivel de peroxidación, presencia de impurezas, y valor energético incierto (Vieira et al., 2002).

En monogástricos, tienen menor digestibilidad y, por tanto, menor valor energético que los aceites que le dieron origen. En estas especies, los monoglicéridos resultantes de la digestión enzimática de los triglicéridos son más polares y por ello favorecen la formación de micelas más que los ácidos grasos libres (AGL).

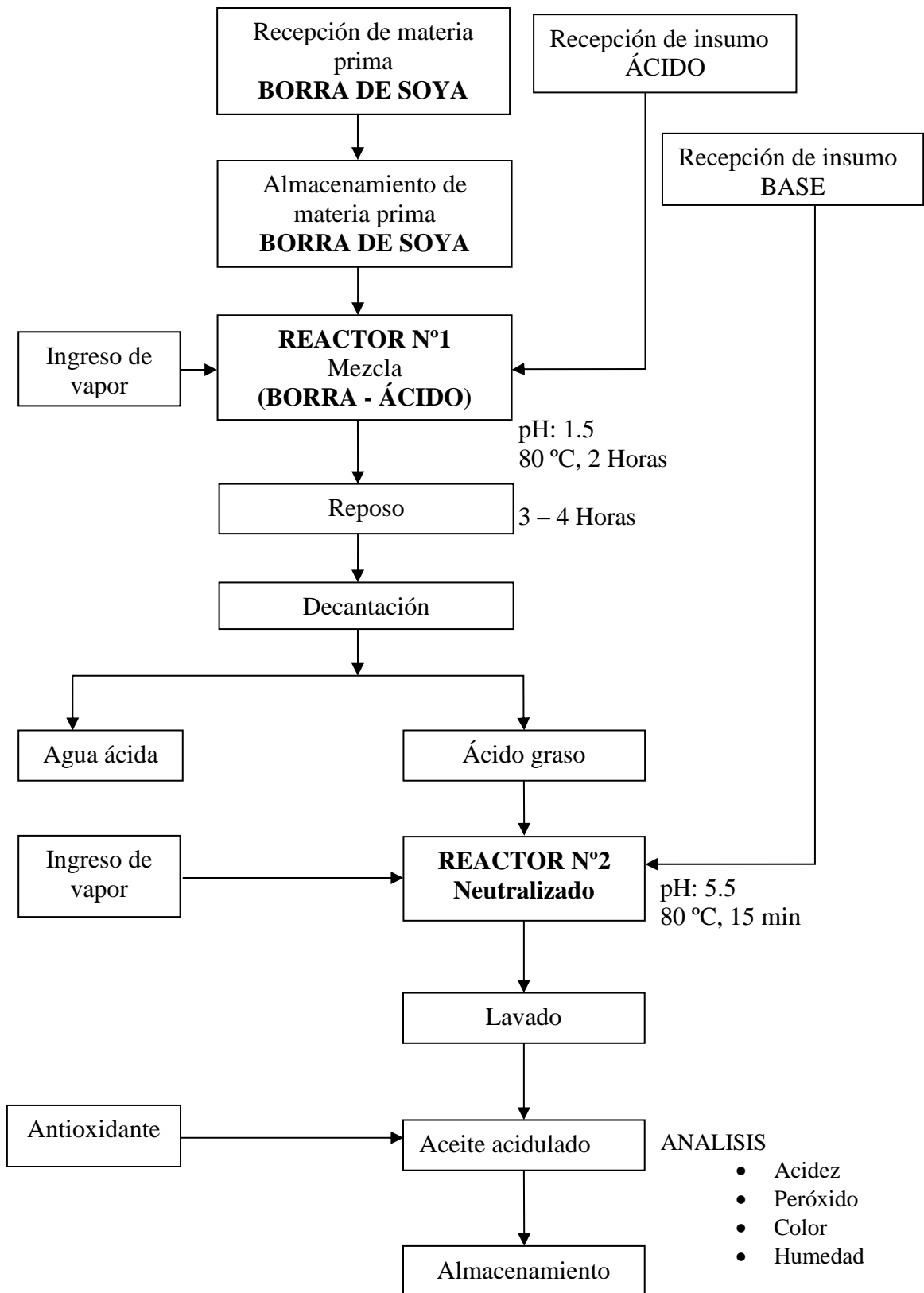
De los aceites acidulados vegetales, los de girasol contienen altos niveles de ácido linoleico por lo que su valor energético es similar e incluso superior al del aceite acidulado de soya; los de colza son buenas fuentes energéticas debido a su insaturación; los de oliva son altas en insaponificables (esqualeno, esteroides, pigmentos, etc.); los de palma y coco son de carácter más saturado y, por tanto, de valor energético inferior especialmente en animales jóvenes; los de algodón, caracterizados por su color verdoso pueden utilizarse de forma restringida en dietas para rumiantes pero debe evitarse su uso en monogástricos, ya que el gopiol y los ácidos ciclopropenoides que contienen afectan a la productividad y la calidad de los productos ganaderos (FEDNA, 2010).

El aceite acidulado de soya (AAS), se obtiene del subproducto del refinamiento del aceite crudo de soya (ANTIOTRADING S.A.S., 2013). Este sub-producto se obtiene mediante la neutralización alcalina del aceite crudo, produciendo jabón en bruto (mezcla de jabones, aceite neutro, agua, esteroides, pigmentos, y otros constituyentes). Este producto inestable se convierte en aceite acidulado de soya después de un tratamiento de ácido sulfúrico en solución acuosa caliente. En relación al aceite de soja, el aceite acidulado de soya contiene altos niveles de ácidos grasos libres (50%), material insaponificable, compuestos de oxidación, además de ser también rica en carotenoides (Pardio et al., 2001). Además contiene 12.6 % de fosfolípidos (Waliszewski, 1987).

2.1.1. Proceso de acidulación

El aceite acidulado se obtiene a partir del residuo sólido (borra) que proviene del refinamiento de los aceites crudos. En la mayoría de los casos este sub-producto se puede considerar un problema, pero es de gran valor cuando se recupera y procesa de manera correcta (Woerfel, 1981). A éste se le eliminan los minerales, especialmente el sodio incorporado por el uso de soda cáustica que sirve para separar los AGL, por medio de acidulación con ácido sulfúrico el cual luego es lavado con agua (Zumbado et al., 1994), a fin de arrastrar el exceso de sulfúrico, se secan y limpian por decantación y se obtienen los aceites acidulados comerciales (Woerfel, 1983; Dolz, 1996; Mateos et al., 1996).

El contenido de lípidos debe ser mayor de 97 % y menos de 3% de humedad. Este alto contenido de humedad obliga a tomar las precauciones necesarias y utilizarlo lo más rápidamente posible para evitar su peroxidación y corrosión de equipos en la planta de



FUENTE: SIOL S.A.C. (2014)

Figura 1: Diagrama de flujo de obtención del aceite acidulado de soya

alimento (Zumbado et al., 1994). Durante el proceso de refinación se presentan impurezas en los acidulados, por lo tanto, el control de calidad tiene que ser más riguroso (Leeson y Summers, 2005). En la Figura 1 se diagrama la obtención de aceite acidulado de soya.

2.1.2. Valor nutricional

Los aceites acidulados son productos que mantienen gran parte de las ventajas nutricionales de los aceites de los cuales proceden (Mateos et al., 1996). La cantidad y composición de estos aceites depende del tipo y calidad del aceite crudo como de las condiciones del proceso de refinación (Woerfel, 1983). Del total de ácidos grasos que componen este aceite, 16.1% corresponden a ácidos grasos saturados y el restante 82.5% a insaturados. Los ácidos grasos más importantes que los constituyen son los ácidos palmítico, oleico y linoleico (Energías Peruanas, 1999). En el Cuadro 1 se presenta el contenido de los principales ácidos grasos del aceite acidulado de soya, descrito por diferentes autores.

2.2. ACEITE CRUDO DE SOYA

2.2.1. Características generales

El aceite crudo de soya (ACS) se obtiene de la semilla de numerosas variedades cultivadas de la legumbre de la planta *Glycine max*, cuyo contenido de aceite en la semilla varía del 13 al 26% (Bernardini, 1981).

El aceite crudo contiene diversas clases de lípidos. Lo constituyen principalmente lípidos neutros, que incluyen tri, di y monoacilglicerolos, ácidos grasos libres y lípidos polares, tales como fosfolípidos (1.5 a 2.5 %). También contiene una cantidad menor de materia insaponificable que incluye fitosteroles, tocoferoles y escualeno (Gunstone, 2011).

Los principales fosfolípidos de la soya son la fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y fosfatidilinositol. Sus propiedades funcionales incluyen la emulsificación y el poder mojante y dispersante (Norman, 1983).

Cuadro 1: Composición de ácidos grasos de aceite acidulado de soya (%) dada por diferentes autores

ÁCIDOS GRASOS %		1	2	3	4	5
Palmítico	C16:0	29.5	28.2	20.8	10.1	17.2
Palmitoleico	C16:1n-7	0.1	0.1	ND	0.8	ND
Estearico	C18:0	8.5	6.3	3.9	5.8	4.4
Oleico	C18:1n-9	37.2	23.3	27.3	18.5	15.7
Linoleico	C18:2n-6	17.3	37.8	42.9	18.3	55.6
Linolénico	C18:3n-3	2.0	3.8	4.8	1.5	7.1

FUENTE: 1. Sibbald y Kramer (1977) 2. Waliszewski (1986) 3. Blanch et al. (1995) 4. Narciso (2002) 5. Haas(2005)

En el proceso de transformación el aceite es extraído de la semilla con solventes, una vez liberada de cuerpos extraños, machacada, decortijada, sometida a un tratamiento de calor para inactivar los factores antinutritivos, y desmenuzada para aumentar la superficie de contacto con el solvente. De esta forma, después de eliminar el solvente, el aceite crudo extraído es aproximadamente el 99.5% (Venturi y Amaducci, 1988). Debido a su estructura química, insaturación y contenido en triglicéridos es la fuente lipídica de elección en animales jóvenes, como pollitos de primera edad y lechones destetados precozmente (Monari, 1994).

Aparte de su alta digestibilidad, el aceite de soya utilizado en la industria de alimento es crudo, lo que significa que lleva las gomas incorporadas. Estos componentes son muy ricos en colina, fosfolípidos, antioxidantes y vitamina E, lo que favorece la digestibilidad y la conservación durante el almacenaje. Otro punto de interés es su alto contenido en linoleico, que le hace especialmente aconsejable en dietas para ponedoras en base a cereales blancos, por su efecto sobre el tamaño del huevo ((FEDNA, 2010).

2.2.1. Valor nutricional

El aceite de soya contiene 48 a 60% de ácido linoleico (C 18:2) ácido graso di insaturado, 16 a 30% de ácido oleico (C 18:1) monoinsaturado y de 8 a 9% de ácido linolénico (C 18:3) poliinsaturado. Además los ácidos grasos insaturados están en torno al 84 % y 16% de ácidos grasos saturados (Rand et al, 1996). Siendo los principales palmítico (11,44%) y en menor proporción el esteárico (4,14%). Lo cual indica que este aceite es líquido a temperatura ambiente y presenta bajo punto de fusión (Moreira, 2013). En el Cuadro 2 se presenta la composición de los principales ácidos grasos presentes en el aceite de soya descrita por diferentes autores.

2.1. LOS LÍPIDOS EN LA NUTRICIÓN DE PECES

El aporte de lípidos en la alimentación de los peces, al igual que en la de mamíferos, es fundamental para satisfacer los requerimientos de ácidos grasos esenciales (AGE). Sirven como vectores de las vitaminas liposolubles y pigmentos carotenoides en el momento de la absorción intestinal. Finalmente juegan un papel fundamental en el suministro de energía, función muy importante en los peces ya que la mayoría de éstos digieren mal los glúcidos

Cuadro 2: Composición de los principales ácidos grasos del aceite crudo de soya.

ÁCIDO GRASO (%)		1	2	3	4	5
Mirístico	C14:0	ND	0.1	ND	0.1	0.1
Palmítico	C16:0	10.1	11.7	9.5	10.6	11
Palmitoleico	C16:1n-7	ND	0.2	0.2	0.1	0.1
Estearico	C18:0	4.5	4.2	4.0	4.0	4.0
Oleico	C18:1n-9	22.4	22.3	22	23.3	23.4
Linoleico	C18:2n-6	53.0	51.1	54	53.7	53.2
Linolénico	C18:3n-3	7.8	7.5	7.3	7.6	7.8
Araquídico	C20:4n-6	ND	0.2	ND	0.3	0.3

FUENTE: 1. Sanz (2009) 2. O' Brien (2009) 3. FEDNA (2010) 4. Pérez (2011) 5. Orthoefer, citado por Gunstone (2011).

complejos (Guillaume et al., 2004). Un grupo de lípidos denominados fosfolípidos son importantes fundamentalmente en el mantenimiento de la estructura celular. Los lípidos también son precursores de hormonas, ejercen una función como ligante en dietas balanceadas y su composición en ésta puede variar la composición de ácidos grasos del musculo del pez (Landines et al. citado por Santamaría, 2014).

El aceite de pescado es la mejor fuente de ácidos grasos altamente insaturados de cadena larga, denominados EPA Y DHA. Dichos ácidos grasos son esenciales no solo para peces, sino sobre todo para la salud humana (Sanz, 2009). Los aceites de pescado hidrogenados o grasas de animales, tales como manteca y sebo son especialmente adecuados como fuentes de energía en dietas de peces a causa de su gran resistencia a la autooxidación (Shepherd y Bromage, 1999). Actualmente la demanda de aceite de pescado supera la oferta, con lo cual éste ha alcanzado precios muy altos en el mercado internacional. Por este motivo, la industria acuicultora está recurriendo cada vez en mayor volumen al uso de aceites vegetales con contenido relativamente alto del ácido graso omega-3 alfa linolénico (Valenzuela et al., 2012).

Entre los aceites vegetales más utilizados en la nutrición de los peces son los de soya, girasol, colza y palma, por ser buenas fuentes de energía y contener pocos factores antinutricionales (Castelló, 2013). El aceite de soya es la grasa de origen vegetal de mayor disponibilidad en el mercado mundial pero presenta el nivel más alto de ácido linoleico (53%) que pueda limitar su uso en dietas para peces. El aceite de girasol contiene altos niveles de linoleico (62%) y por tanto, su valor energético es similar e incluso superior al aceite de soya (Sanz, 2009).

2.3.1. Estructura química

Los lípidos son un grupo de sustancias que se encuentran en los tejidos animales y vegetales, son insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos comunes como benzol, éter y cloroformo. Las grasas y aceites tienen la misma estructura general pero diferentes propiedades físicas y químicas. Los puntos de fusión de los aceites son bajos, de forma que son líquidos a la temperatura ambiente normal y tienden a ser más reactivos que las grasas más sólidas. Se emplea la palabra grasas para designar a ambos grupos de sustancias (Mc Donald et al., 2011).

Las grasas son ésteres de ácidos grasos con el alcohol trihídrico glicerol, llamado también glicéridos o acilglicéridos. Si los tres grupos de alcohol se esterifican con ácidos grasos, el compuesto que se obtiene es un triglicérido (Mc Donald et al., 2011). Hay que distinguir entre ácidos grasos saturados e insaturados. En los primeros, todos los átomos de carbono de la cadena se unen entre sí por enlaces simples, en cambio, en los ácidos grasos insaturados exhiben uno o varios enlaces dobles en la cadena de átomos de carbono. Los enlaces dobles rebajan el punto de fusión, por lo cual las grasas que contienen elevada proporción de ácidos grasos insaturados son normalmente líquidas (Steffens, 1987).

2.3.2. Digestión y absorción

El tracto alimenticio de los salmónidos consiste en un simple tubo que se extiende desde la boca hasta la apertura posterior, cloaca o ano como en otros peces carnívoros, en los salmónidos el intestino es relativamente corto, siendo hasta tres veces más largo en los peces herbívoros (Shepherd y Bromage, 1999). Al igual que en el resto de vertebrados, en el estómago de los peces se inicia la descomposición del alimento mediante la rotura mecánica producida por la contracción muscular y las secreciones de enzimas y jugos gástricos (Evans y Claibome, 2006).

Al final del estómago, el esfínter pilórico controla el vaciado del contenido gástrico al intestino para su posterior procesado. Su apertura y cierre determinan los tiempos de vaciado gástrico y de contacto del alimento con los jugos gástricos, así como la acidez del quimo gástrico mediante las secreciones pancreáticas y de la vesícula biliar, ricas en sodio, bicarbonato y enzimas digestivas neutras. Así, el pH es 2-5 en el estómago, siendo 7-8 al comienzo de los ciegos pilóricos (Halver y Hardy, 2002).

Las grasas procedentes de la dieta son tratadas a nivel del intestino por los fermentos pancreáticos, como la lipasa y descompuestos en glicerol y AGL que, con el concurso de la bilis atraviesan la barrera epitelial del intestino y son absorbidos, pasando al espacio linfático (Blanco, 1995).

Diversos autores señalan que la lipólisis en peces es mayor en la parte proximal del intestino y en los ciegos pilóricos en caso de tenerlos, disminuyendo progresivamente hacia la parte posterior (Olsen y Ringo, 1997). La mayoría de las especies de teleósteos presentan una

mayor digestión de las grasas en las regiones anteriores del intestino y en los ciegos pilóricos (Sanz, 2009).

La bilis contiene todos los ácidos biliares que son muy tensoactivos y emulsionan las grasas. De esta manera aumenta la superficie de las moléculas de grasa, lo que ofrece a las enzimas lipolíticas una mejor posibilidad de ataque. Los ácidos grasos y los ácidos biliares forman en común los ácidos cólicos, hidrosolubles y de más fácil absorción. La bilis de la trucha arco iris carece de actividad enzimática, no evidenciándose en ella proteasas, amilasas ni esterases, lo cual coincide con las circunstancias propias de los animales superiores y presumiblemente es aplicable también a otras especies piscícolas (Falge, citado por Steffens 1987).

El daño al hígado producido por infecciones de parásitos o microbianas, en particular la enfermedad vírica del páncreas o IPN, afecta significativamente las funciones digestivas de las glándulas, resultando en reducción de la efectividad de la conversión de los nutrientes de la dieta en carne del pez. Muchas toxinas, hormonas, enzimas y otros metabolitos son neutralizados por el hígado. Elevados niveles de grasa en la dieta pueden conducir a la degeneración grasa del hígado (Shepherd y Bromage, 1999).

En la trucha arco iris, la temperatura óptima para la actividad lipásica está entre 20 y 25 °C, que es baja en comparación con las demás enzimas. A 5 °C ya alcanza el efecto lipolítico el 70% del máximo, que se consigue a 25°C. Además de las lipasas se ha comprobado en el páncreas de la trucha arco iris la existencia de un cofactor que desempeñaría un papel semejante al de la colipasa de los mamíferos (Leger et al., citado por Steffens 1987). En el intestino de la carpa se encuentra lipasa preferentemente en la mucosa. Su pH óptimo está entre 7.0 y 7.5 con motivo de la ingestión de alimento y durante la digestión, no se modifica la actividad lipásica, donde la temperatura óptima de las enzimas lipolíticas se encuentran entre 35 y 40 °C.

Una vez en el citoplasma del enterocito, los ácidos grasos difunden hacia el retículo endoplasmático liso asociados, al parecer a una proteína fijadora (FABP, fatty acid binding proteins). Ésta tendría más afinidad por los ácidos grasos insaturados que por los saturados, afectando indirectamente a su activación y reesterificación (CAICYT, 1987).

Los AGL absorbidos son, en su mayoría, reesterificados en forma de triacilgliceroles, empaquetados en quilomicrones y secretados hacia la linfa atravesando la membrana basolateral del enterocito. Los quilomicrones son lipoproteínas que constituyen, un medio fisiológicamente estable a través del medio acuoso en el que se encuentran y que serán transportados al hígado o al resto de los tejidos (Sanz, 2008), donde serán utilizados dando origen como producto final a energía, agua y anhídrido carbónico o, por el contrario pueden ser almacenados como glucosa (Blanco, 1995).

Los peces utilizan bien los lípidos de bajo punto de fusión (Coeficiente de digestibilidad aparente, CDA>95%) independientemente de su origen animal, o vegetal. Su CDA parece mejor cuando la tasa de incorporación es elevada, siempre que los ácidos grasos sean protegidos de los fenómenos de oxidación. No obstante, la digestibilidad de los ácidos grasos saturados disminuye cuando la longitud de la cadena aumenta y, a igualdad de longitud de la cadena, aumenta con el grado de insaturación (Guillaume, 2004). Por ejemplo, las truchas, digieren bien las grasas del orden de 85-99% dependiendo de su origen y de otras condicionantes y, en general, su absorción es más lenta que en los mamíferos. Absorben mejor los ácidos grasos insaturados que los saturados y la digestibilidad es mayor cuanto menos sea el punto de fusión de la presa en cuestión (Blanco, 1995).

2.3.3. Metabolismo

La biosíntesis de ácidos grasos en los peces estudiados es similar a la que se da en los mamíferos. El acetil-CoA, procedente en su mayoría del esqueleto carbonado de aminoácidos se convierte en acil-CoA carboxilasa y el complejo sintetasa de los ácidos grasos. Los ácidos grasos son activados a sus correspondientes derivados de acil-CoA y esterificados con glicerol fosfato para formar el ácido fosfatídico. Después de hidrolizarse el grupo fosfato por la fosfatidato fosfatasa, una tercera molécula de acil-CoA es añadida para originar triacilglicerol, el lípido neutro mayoritario en peces.

Sin embargo, no existe uniformidad respecto al producto de la ácido graso sintetasa ni al lugar de almacenamiento de los triacilgliceroles. Así, los productos de la ácido graso sintetasa en hígado del pez gato (*Ictalurus punctatus*) son palmitato y estearato; en hígado de truchas, el palmitato; en carpas, el miristato; y en la platija (*Pleuronectes platessa*) el palmitato y estereato.

Respecto al almacenamiento de los triacilgliceroles, los peces teleósteos como la trucha poseen un tejido adiposo peri visceral definido; los arenques y la caballa, depósitos de lípidos subcutáneos que alguna vez penetran en el interior del musculo, y otras especies como el bacalao almacenan los lípidos en el hígado (CAICYT, 1987).

Existen diferencias entre especies al tratarse de las necesidades de AGE, siendo característico el caso de peces de agua dulce y de agua salada. La trucha arco iris requiere ácidos grasos de la familia del ácido linolénico, mientras que la carpa, anguila y salmón necesitan no solo del linolénico, sino también el linoleico para un buen crecimiento, sin embargo, se encontró que estos determinados ácidos grasos no eran esenciales para especies marinas como la dorada colorada, platija y seriola coreana, que en su lugar necesitan ácidos grasos insaturados de cadena larga (HUFA) alternativos, tales como el 20:5n-3 y el 22:6n-3 (Shepherd y Bromage, 1991).

2.2. USO DEL ACEITE ACIDULADO DE SOYA EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

Las investigaciones realizadas se han enfocado principalmente en aves, sin embargo, actualmente se viene incorporando en la dieta de cerdos y algunas especies de peces. Diversos autores señalan, además del AAS, el uso de otros aceites acidulados en la alimentación animal.

Aguilar et al. (2012), demostraron que la inclusión de AAS en dietas para alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) hasta en niveles de 5% en reemplazo del ACS no afecta el comportamiento productivo (peso unitario y talla, ganancia de peso e incremento de talla, consumo de alimento, conversión alimentaria, sobrevivencia, costo de alimentación) en los peces. Con lo cual es posible formular dietas para tilapias con AAS a un menor costo respecto al uso del ACS.

Bazán (2002) evaluó el aceite acidulado de pescado en dietas de crecimiento y acabado en truchas arco iris y su efecto sobre el consumo de alimento, ganancia de biomasa, conversión alimenticia, mortalidad, composición de carcasa eviscerada, cualidades sensoriales (pigmentación del filete, preferencia y aceptabilidad) y beneficio económico, comparándola con aceite compuesto (mezcla de aceite hidrogenado de pescado y aceites vegetales) en

niveles de 4.6% para ambas etapas. Los resultados indicaron que los parámetros evaluados no se vieron afectados al reemplazar el aceite compuesto por el aceite acidulado, ya que permitió producir igual pero a un costo menor.

Sin embargo, en alevines de carpa alimentadas con dietas isonitrogenadas con inclusión de niveles hasta 18% de AAS y hasta 13% de grasa amarilla como fuente de lípidos, los aceites no hicieron efecto sobre la dieta control (sin contenido de aceite). Contrario a ello, los peces cuyo niveles de lípidos en dieta fueron los más altos presentaron esteatosis en hígado producto de una degeneración hepática lipoidea (Yilmaz y Genc, 2006). Se ha observado que la esteatosis hepática se asocia con desequilibrios nutricionales, aumento de los lípidos de la dieta, la deficiencia de AGE y el uso de aceites vegetales en peces cultivados (Tacón, 1996; Caballero et al., 1999; Montero et. al, 2001).

Pérez (2011), evaluó el efecto de dos AAS en la producción de pollas Bovans White, no encontrando diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en el peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y EM entre el aceite crudo de soya (8337 Kcal/Kg) y dos aceites acidulados (8296 Kcal/Kg, 8528 Kcal/Kg), resultando como alternativa en la formulación de la dieta con reducción de los costos. Lo mismo para los huevos de gallina en postura (%), peso y masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, altura de albúmina, unidades Haugh y grosor del cascarón del huevo. Sin embargo, en el color de yema, resultó más pigmentación con aceites acidulados. La composición lipídica del huevo también fue afectada por los tratamientos. Concluye que aún con la variación en la composición de ácidos grasos, la inclusión del AAS en la dieta no afecta los parámetros productivos, disminuye los costos de producción y se considera una buena fuente de pigmento natural.

Vieira et al. (2002) evaluaron el rendimiento de pollos de engorde de 7 días de edad alimentados con dietas formuladas con 4 y 8 % de ACS o AAS, y mezcla de ambos en la proporción de 2:2 y 4:4 %. Las aves que recibieron dietas con mezclas de ambos aceites obtuvieron menor peso corporal al final del experimento (día 42) en comparación con aquellos que sólo consumieron dietas con un solo aceite, independientemente del nivel de inclusión. Aunque el valor energético del AAS (8114 Kcal/kg) resultó 5% menor al del ACS, se puede incluir hasta en un 8% en las dietas para pollos de engorde sin afectar el rendimiento de las aves, demostrando así que el AAS es una fuente de energía alternativa de alto potencial económica para utilizarse en dietas comerciales para pollos de engorde.

Bedoya (2003), evaluó la inclusión del 3% de AAS en comparación al aceite semirrefinado de pescado en el comportamiento productivo de pollos de carne de la línea Cobb de 0 a 21 días de edad. Los parámetros peso, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia logradas a los 21 días para los 2 tratamientos difieren significativamente. Lográndose mejor respuesta productiva para la dieta con 3% de AAS. El peso final de la evaluación para la dieta con este aceite fue mayor en 17.19%, la ganancia de peso en 18.03%, el consumo de alimento en 10.45% y una reducción en la conversión alimenticia de 7.1 8% y finalmente una mejor retribución económica en comparación a la dieta con contenido aceite semirrefinado de pescado.

Mizrak et al. (2005), trabajaron con gallinas ponedoras Brown alimentadas con dietas isonitrogenadas e isocalóricas con 10% de proteína y 2752 kcal EM/kg utilizando aceite de girasol y su respectivo aceite acidulado como fuente de energía en niveles de 0, 25, 50, 75, 100%. La sustitución de aceite acidulado de girasol aumentó significativamente la producción y masa de huevo en comparación con los grupos control (solo aceite de girasol). El peso del huevo, el consumo por huevo, la eficiencia alimenticia y la ganancia de peso corporal no se vieron afectados. Aunque el grosor y resistencia de la cáscara de huevo, y la unidad Haugh disminuyeron conforme el aceite acidulado de girasol aumentó en la dieta; la pigmentación de la yema mejoró. El contenido de ácido oleico de la yema aumentó, sin embargo, disminuyó el ácido linoleico. Por tanto, el aceite acidulado de girasol puede ser utilizado con éxito como fuente de energía alternativa al aceite de girasol en dietas de gallinas sin ningún efecto adverso en el rendimiento y la calidad de los huevos, además enriqueciendo el contenido de ácido oleico de la yema.

Investigaciones realizadas por Alizadeh et al. (2012) demostraron que los ácidos grasos del aceite acidulado de girasol son una buena alternativa como fuente de energía para incluirla en la dieta de pollos broiler en las etapas de crecimiento y engorde. Con un nivel de inclusión del 3% resultan buenos resultados en cuanto al rendimiento y características de carcasa (peso de muslo, musculo del pecho, menor grasa abdominal) en contraste a los resultados obtenidos por el aceite de girasol, cuyo nivel al 6% resultó en la carcasa un alto contenido de grasa abdominal.

Pardio et al. (2001) evaluaron el efecto de la adición de aceites acidulados de maíz, girasol, canola y soya al 1,0% de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en las dietas de pollos de 1 a 7 semanas de edad, y el efecto complementario de un pigmento xantofila de origen natural

para alcanzar el 100% de pigmentación de la piel. Resultó una mejora en la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia fue significativamente mayor con AAS. Además con éste alcanzó el mayor porcentaje de pigmentación (100.8%) que cuando se utilizó solo el pigmento, recomendando así el uso de AAS como fuente de PUFA y pigmentos xantofila en la alimentación de pollos de engorde.

Palacios (1998), reportó resultados del uso del aceite acidulado de pescado en alimentos de engorde de cerdos, al compararla con aceite hidrogenado de pescado a niveles de 4.0 y 2% en alimentos de crecimiento y acabado respectivamente, evaluando la ganancia de peso, consumo de alimento, la conversión alimenticia, el rendimiento de carcasa y el costo económico; observó que la inclusión del aceite acidulado de pescado en las etapas de crecimiento y acabado del cerdo generó resultados equivalentes en todos los parámetros, a excepción del costo del alimento que se vio reducido con el uso del aceite acidulado.

2.3. LA TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

2.5.1. Generalidades

La trucha arco iris es una especie de la clase Osteichthyes, subclase Actinopterygios, orden Salmoniformes, y suborden Salmonoidei. Esta especie, es originaria de la vertiente del Pacífico de Norteamérica (Blanco, 1995) y actualmente se encuentra por todo el mundo, en todos los continentes salvo la Antártica. (Breton, 2007).

Presenta un cuerpo fusiforme con la banda irisada longitudinal que marca los flancos que le ha conferido su nombre. La coloración general varía según el medio de vida, con el dorso verde-gris y el vientre blanco (Breton, 2007).

La trucha, ocupa en la naturaleza espacios acuáticos con aguas puras y cristalinas, que discurren por cauces con notables desniveles topográficos. Son peces poiquilótermos, es decir, adquieren la temperatura del agua, no diferenciándose en el medio salado (Blanco, 1995). De todos los salmónidos, ninguno está tan predispuesto a la cautividad como la trucha arco iris ni es tan tolerante a diferentes rangos de temperatura, salinidad y a concentraciones de oxígeno relativamente bajas. Estas características junto con su rápida tasa de crecimiento, la convierten en una de las especies preferidas para el cultivo (Holliman, 2000).

La trucha arco iris fue introducida en el Perú en el año 1928 con fines deportivos, posteriormente fue sembrada en diferentes cuerpos de agua a partir de los 2 000 m.s.n.m adaptándose esta especie muy bien a las condiciones climáticas de aguas frías de la sierra peruana (PRODUCE, 2011). El cultivo se realiza en estanques de tierra y en jaulas flotantes en diversos lagos, incluyendo el Lago Titicaca y las lagunas altoandinas. Estos cultivos han prosperado gracias a la disponibilidad de agua de buena calidad, la oferta de alimentos balanceados, la facilidad de importación de semilla y la disponibilidad de recursos humanos capacitados. En los últimos años, esta especie, ha tenido un incremento notable en su producción; particularmente en las regiones de Puno, Junín, Cajamarca, Huaraz y Lima (Kleeberg y Rojas, 2012). Los niveles de cultivo de la trucha en el Perú son semi intensivo e intensivo, asimismo la provisión de semilla se encuentra sustentada en la importación de ovas embrionadas provenientes de los EEUU de Norteamérica y Dinamarca (PRODUCE, 2011).

La producción de truchas arco iris a nivel mundial en el año 2012 alcanzó las 855 982 toneladas, 11.5% superior a la producción del año 2011 que fue 767 728 toneladas. De esta forma, el valor en miles de dólares de la producción mundial de esta especie ascendió a US\$ 3 631, 521. Entre los principales países productores a nivel mundial en el mismo año se tiene en primer lugar a Chile con el 29.71 %, seguido por Irán con el 15.30 % y Turquía con el 13.38 %. Nuestro país ocupando el 7mo lugar, obtuvo una producción de 24 762 toneladas obteniendo un crecimiento de 24.04 % respecto al año 2011, representando una participación de 2.89 % en la producción mundial de la especie en estudio. Dentro del continente americano el primer productor de esta especie es Chile seguido por nuestro país y en tercer lugar Estados Unidos (FAO, 2012).

Actualmente en el Perú se producen cerca de 40, 000 toneladas de trucha al año. Solo en Puno, la cifra llega a 29,078.00 toneladas mientras que en Junín y Huancavelica se obtiene 1,855.20 y 1,388.68 toneladas anuales, respectivamente (DIREPRO citado por SIERRA EXPORTADORA, 2015).

2.5.2. Nutrición y alimentación

La trucha es carnívora, come invertebrados y algunos peces (Breton, 2007). Durante los estados larvales se alimentan del saco vitelino, cuando empieza el consumo de alimento

exógeno se alimenta principalmente de zooplancton y posteriormente consume crustáceos, moluscos, insectos y pequeños peces (Garavito citado por Montaña, 2009).

El número de repartos depende del tamaño de los peces por lo menos cuando la distribución es manual. En los peces adultos se suministra alimento pocas veces al día, de 1 ó 2 veces, ya que parece ser que aumentar la frecuencia no comporta un crecimiento suplementario (Luquet et al., 1981) en cambio, en peces jóvenes es interesante incrementar esta periodicidad de 3 a 8 suministros por día. Es importante no hacer la entrega de alimento en una sola vez, pues los peces no podrán tomarla, se producirá una pérdida de alimento que no sólo tiene efectos adversos sobre la economía de la producción sino también sobre la eutroficación del cuerpo de agua (Lovell, 2002).

El alimento debe aportar calorías suficientes; contener un equilibrio correcto entre glúcidos, lípidos y proteínas; aportar aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados y vitaminas; aportar sales minerales suficientes, y contener fibra para facilitar el tránsito intestinal (Kaushik, 1990; Guillaume, 1991).

El aporte energético es necesario para el metabolismo, la digestión, la respiración, la excreción y el desplazamiento de los peces, y dependen de varios factores relativos a los animales, al medio y a la cría propiamente dicha. Pero el alimento nunca debe ser demasiado energético, de lo contrario ocasionara un despilfarro y acumulaciones de grasa entre los músculos (Breton, 2007).

El requerimiento energético para el crecimiento puede definirse como la cantidad de energía necesaria para producir un kilo de pescado. En la trucha es de 15 -16 MJ/kg de ganancia de peso corporal a 8° C y de 17 -19 MJ/ Kg entre 15° y 18°C.

No parecen existir requerimientos específicos para la reproducción en lo que respecta a la relación proteína/energía del alimento. Una tasa de ED superior a 17 MJ/ Kg MS asociada a un contenido proteico del 35% permite buenos resultados reproductivos en los salmónidos. Cuando el aporte de energía alimentaria no es suficiente, la mayoría de los peces priorizan la producción de gónadas a expensas del crecimiento somático; las hembras entonces extraen energía de sus reservas corporales para la elaboración de las gónadas. (Guillaume et al., 2004).

Los carbohidratos no son esenciales en la alimentación de los peces, sin embargo, constituyen una fuente de energía barata. La mala aptitud de los peces para asimilar los glúcidos alimentarios podría relacionarse con la escasez de glúcidos en el medio acuático. La reducida digestibilidad y la baja adaptación de utilización metabólica de azúcares simples, son dos problemas en la nutrición glucídica de los peces (Guillaume, 2004). Los peces adultos toleran mejor que los jóvenes los alimentos con mayor concentración de glúcidos, por ello las dietas para alevines no contienen más del 3%, para juveniles no más del 7% y para adultos no más del 10% (Breton, 2007).

De acuerdo con los estudios realizados por Lee y Putnam (1973), es suficiente en la trucha arco iris un 36% de proteína, siempre que el aporte energético sea elevado. Como esta especie al igual que otros salmónidos aprovechan peor los carbohidratos que las grasas con fines energéticos, hace falta un 40% de proteína bruta, a condición de que la ración contenga abundantes hidratos de carbono. En cambio si las grasas constituyen la principal fuente de energía para un crecimiento máximo solo es necesario un 30 -35% de proteína caseína (Ogino et al., 1976). Para aprovechar enteramente el potencial de crecimiento de la trucha arco iris, según Gropp et al. (1982) la tasa de proteína en el pienso debe estar por encima del 40%.

La calidad de la proteína se define en función de su composición en aminoácidos, aquellos que no pueden sintetizarse en cantidad suficiente se denominan aminoácidos esenciales dado que representan un requerimiento “esencial” que solo se puede obtener en su forma completa de los alimentos o de otra fuente externa, y los aminoácidos no esenciales son aquellos que el animal puede sintetizar en cantidad suficiente (Hill et al., 2006). En el Cuadro 3 se mencionan los aminoácidos esenciales para la trucha arco iris (NRC, 2011).

Respecto al efecto de la relación proteína digestible – energía dietaria sobre la performance y composición corporal de truchas arco iris, utilizando dietas isoenergéticas se encontró que la óptima relación para una máxima ganancia de peso decrece de 24.4 mg/MJ para peces pequeños (0.4 a 2 gr) a 16.5 mg/KJ para peces grandes (4 a 200 g). En la composición corporal hubo un ligero incremento de la proteína y agua, así como un decrecimiento del contenido de lípido a medida que la relación de dietas se incrementó (Teles et al., 1992).

Cuadro 3: Requerimientos de aminoácidos esenciales de la trucha arco iris

Nutriente	%
Proteína	40 – 50
Arginina	1.5
Histidina	0.8
Isoleucina	1.1
Leucina	1.5
Lisina	2.4
Metionina	0.7
Met. + Cis.	1.1
Fenilalanina	0.9
Treonina	1.1
Triptófano	0.3
Valina	1.2
Magnesio	0.05
Fósforo	0.7

FUENTE: NRC (2011)

Los lípidos suministran a los peces los AGE que son compuestos estructurales necesarios en todas las membranas celulares y tienen gran importancia en todos los procesos fisiológicos. El ácido linolénico (18:3 n-3) es esencial para la trucha arco iris. Deficiencias de los AGE en la trucha producen pérdidas de conciencia durante una actividad repentina, denominado también síndrome de shock (Skrudland, 2000). Las necesidades de estos AGE son del orden de 0.8-1.6 % de la dieta o del 20% de los lípidos de la dieta (Kaushik, 1990).

Los peces con dietas inferiores de 0.5 % de ácido linolénico muestran un crecimiento lento, erosión de la aleta caudal, y comportamiento físico anormal, que los lleva al agotamiento. Mal crecimiento e índices de conversión se observan, por el contrario, en dietas que excedan estos requerimientos (Blanco, 1995).

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas, y obtenidos a partir de fuentes exógenas, tales como la dieta o la síntesis microbiana intestinal, necesarios para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales (Lovell, 1987). Para la trucha son esenciales las vitaminas A, D, E, K₃, Tiamina, Riboflavina, Piridoxina, Ácido Pantoténico, Niacina, Ácido fólico, B₁₂, Biotina, Inositol, Colina, y a diferencia de los animales terrestres necesita la vitamina C, estableciéndose un total de 15 vitaminas que deben estar presentes en el alimento (NRC, 2011).

El suministro de minerales tiene lugar a través del agua que entra por las branquias y mediante el alimento (Breton 2007). La mayor parte de las necesidades de calcio, hierro, magnesio, cobalto, potasio, sodio y zinc pueden ser cubiertas por el pez a través del agua. Además de ello, se necesita la suplementación de fósforo (P) en la dieta, debido a que las necesidades del pez son relativamente altas y las concentraciones de P disuelto en agua natural son relativamente bajas (Lovell, 1987). Por lo tanto debe incluirse en la dieta porcentajes de alrededor del 1% (Sanz, 2001).

2.5.3. Condiciones de Calidad de Agua

La calidad de agua es uno de los factores más importantes en la salud de los peces. Las frecuentes variaciones que ocurren en el ecosistema inducen a cambios importantes en la fisiología de los peces, haciendo que éstos sean más susceptibles a enfermedades.

- **Oxígeno disponible**

Se recomienda que la concentración mínima de oxígeno disuelto para la trucha sea de 5.5 mg/l o de 7 mg/l para los huevos (Holliman, 2000). Fluctuaciones severas en la concentración puede frenar el crecimiento del pez y de mantenerse por tiempo prolongado por debajo del nivel mínimo puede presentarse malformaciones (Jiménez, 1992).

- **Temperatura**

En condiciones naturales la trucha puede vivir en aguas cuya temperatura oscila de 0 a 25 °C, sin embargo, para la cría artificial, el rango se reduce a 9° y 17°C para un crecimiento y desarrollo adecuado (Blanco, 1995). La incubación de huevos se desarrolla normalmente a 13 °C y el engorde de la trucha alrededor de los 16 °C (Holliman, 2000).

La temperatura influye en el apetito y en la incidencia de enfermedades bacterianas y parasitarias, por encima de 20°C la ingesta se vuelve más lenta y por debajo de 14°C se informa que la septicemia hemorrágica viral se incrementa en la trucha. Cabe señalar, que cualquier cambio en los parámetros del agua, hace que disminuya la tolerancia térmica. Además, es importante valorar las variaciones de la temperatura durante las diferentes épocas del año tratando que no sea mayor o menor a 3°C (Jiménez, 1992).

- **Dureza**

La dureza del agua depende principalmente de la concentración de iones calcio y magnesio disueltos en ella (Jiménez, 1992). El rango de valor óptimo de dureza en el agua para el cultivo de peces es de 20 a 350 mg/L de CaCO₃, niveles altos afectan principalmente a los peces en su mecanismo de osmorregulación, los peces se ven afectados a nivel de branquias reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica, provocando lento crecimiento que se expresa en bajos rendimientos productivos (Alonso, citado por Castro et al. 2004). Los peces de agua dulce, para contrarrestar esta acción, ejercitan los riñones produciendo grandes cantidades de orina diluida (250 cm³/Kg de peso al día) reabsorbiendo las sales principalmente por células especiales situadas en las branquias (Wurts, 2004).

- **Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH se define como la concentración de H⁺ en una solución acuosa e indica el grado de acidez o de alcalinidad de las soluciones (Nelson y Cox, 2005). El pH del agua afecta el estado de otros parámetros de la calidad del agua, por lo tanto es considerado un parámetro importante para ser monitoreado y controlado en los sistemas de recirculación (Boyd, 1990). Los valores apropiados de pH para la producción de truchas arco iris deben estar en un rango de 6.5 a 9. Con valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5 la reproducción disminuye. Con un pH por debajo de 4 se presenta la muerte ácida de los peces, y por arriba de 11 la muerte alcalina (Phillips et al., 2008).

- **Nitrógeno Amoniacal**

El nitrógeno amoniacal disuelto en el agua se encuentra bajo dos formas: amoniaco no ionizado, NH₃ tóxico para peces y el ion amonio NH⁺⁴ formando sales de amonio (Blanco, 1995; Shepherd y Bromage, 1999). Esto es probablemente debido a que las membranas biológicas son permeables a la forma no ionizada del amonio e impermeables a la forma ionizada (Randall y Tsui, 2002). De acuerdo con Cremer (2006) el nitrógeno total amoniacal es producto del metabolismo de la proteína de los peces y de la descomposición de la materia orgánica presente en los estanques y que su equilibrio es regulado por el pH y la temperatura. La cantidad máxima aceptable es 1,8 mg/l (Molony, citado por Remicio, 2016).

- **Nitritos**

El nitrito se produce por la oxidación del nitrógeno amoniacal, accionado por la influencia de *Nitrosomonas sp.* (Klontz, 1991). Los nitritos son tóxicos para los peces. Cuando un pez los absorbe (a través de la piel), su hemoglobina se transforma en metahemoglobina, la cual se caracteriza por ser un deficiente transportador de oxígeno. Esto causa que a la larga, el pez muera por hipoxia y cianosis, conocida como la “enfermedad de la sangre café”, porque la sangre adquiere ese color (Arredondo citado por Navarrete, 2004). El nivel de tolerancia aceptado es 0,55 mg/l (Klontz, 1991; Jiménez 1992; Camacho et al, 2000), niveles superiores ocasiona metahemoglobinemia.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR Y PERIODO DE EXPERIMENTACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación en Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, de la Universidad Nacional Agraria la Molina. El periodo de evaluación fue de 28 días y comprendió entre Diciembre del 2014 a Enero del 2015.

Las dietas se prepararon en la Planta de Alimentos del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA) y los análisis proximales (Anexo 3) se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

3.2. INSTALACIONES Y EQUIPOS

Se utilizó la infraestructura del LINAPC, éste cuenta con un moderno sistema de recirculación (Anexo 18), el cual permite el control de los estándares de calidad de agua y manejo de los peces para la alimentación de la especie en estudio. Se utilizaron 9 acuarios de crecimiento de fibra de vidrio de 55 litros de capacidad, 50 cm de alto, 47 cm de ancho y 47 cm de profundidad.

Durante el manejo de alevines se utilizaron mallas para capturar a los peces; recipientes de plástico para el control biométrico; pequeños vasos de plástico para el control de alimento diario; cinta métrica para obtener la longitud de los peces; balanza analítica marca Toledo con 0.01g de precisión y capacidad de 1.6 Kg, utilizada en el pesaje del alimento suministrado y obtención del peso individual de cada alevín. Respecto a la medición de calidad de agua se utilizaron: kit's colorimétricos de *Sera* y *LaMotte* para la medición de amonio y nitritos; Oxímetro PinPoint II, phmetro lápiz Phestr 10 y termómetro digital TM-4 para las mediciones de oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua respectivamente; y formato de registros.

3.3. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se emplearon 216 alevines de trucha arco iris de tres meses de edad, procedentes de la estación piscícola Sagitario (comunidad de Cullhuay, provincia de Canta, Lima), seleccionados a un peso vivo promedio de 1.47 ± 0.3 g, y una talla entre 4.1 – 5.2 cm. Se distribuyeron 24 peces por repetición asignándose 3 repeticiones por tratamiento.

Previo al inicio de la investigación, los alevines tuvieron un periodo de adaptación de 2 semanas, permanecieron en cuatro acuarios de crecimiento y fueron alimentados *ad libitum* con alimento de Inicio para truchas “La Molina”, cuyo contenido de proteína tiene 45% como mínimo.

3.4. PRODUCTO EVALUADO

Se evaluó el aceite acidulado de soya (AAS), subproducto de la refinación del aceite crudo de soya (ACS), provisto por la empresa SIOL S.A.C.

El aceite acidulado de soya es un subproducto de la refinación del aceite crudo de soya, cuyo proceso de acidulación consta de adicionar al subproducto de la refinación o borra un ácido inorgánico, bajo determinadas condiciones de temperatura y presión, cuya reacción disocia la emulsión mecánica en varias fases, de las cuales se aprovecha el contenido de ácidos grasos situado en la parte superior del decantado, proceso que se da por autoclave construido para este fin, que calienta y elimina el agua residual, de esa forma evita el efecto negativo de altas temperaturas sobre los ácidos grasos, para luego pasar a la neutralización con una base de grado alimenticio y no la manera convencional de utilizar soda cáustica. Luego de un reposo corto y enfriamiento se lava y filtra el producto ((SIOL S.A.C., 2014).

El aceite acidulado de soya contiene de 25 a 50 % de AGL (expresados como ácido oleico), presenta un pH de 5.5 y una humedad menor al 1% (SIOL S.A.C., 2014).

3.5. TRATAMIENTOS

Se evaluaron 3 dietas con igual formulación variando peso a peso el tipo de aceite a utilizar. Se establecieron los niveles de 0%, 2.5% y 5% de AAS, dando origen a 3 tratamientos:

- Tratamiento 1: Dieta con 0 % de AAS y 5% de ACS.
- Tratamiento 2: Dieta con 2.5 % de AAS y 2.5% de ACS.
- Tratamiento 3: Dieta con 5% de AAS y 0% de ACS.

3.6. DIETAS EXPERIMENTALES

Las dietas fueron isoenergéticas e isoprotéicas para los tres tratamientos. La formulación de las dietas fue al mínimo costo (programación lineal), de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la trucha arco iris en la etapa de inicio, utilizando los estándares nutricionales recomendados por la NRC (2011). Se prepararon tres dietas, de las cuales a dos de ellas se les adicionó AAS (2.5 y 5%) en reemplazo parcial y total del ACS. Las dietas fueron elaboradas en las instalaciones de la Planta de Alimentos Balanceados, y fueron del tipo pellet de 2.0 mm de diámetro, luego fueron granulados obteniéndose además partículas de tamaños 1.18 mm y 0.98 mm. Las dietas y contenidos nutricionales estimados se describen en el Cuadro 4, mientras que el aporte nutricional de la premezcla de vitaminas y minerales para la acuicultura se muestra en el Cuadro 5.

3.7. MANEJO EXPERIMENTAL

La limpieza de los acuarios y del sistema de circulación del agua se realizó previo a la llegada de los peces. En la biometría inicial, los peces fueron distribuidos al azar en 9 acuarios (unidades experimentales) de 24 alevines cada uno (Anexo 2). Durante la biometría se colocaron en recipientes con agua, mientras los acuarios eran limpiados con esponjas húmedas a fin de eliminar las sustancias impregnadas en las paredes, posteriormente se pesaron y tallaron de manera individual, finalmente fueron retornados a sus respectivos acuarios. Al culminar se adicionó sal en el agua con el fin de mantener un adecuado nivel de salinidad disminuyendo la carga bacteriana para la prevención de enfermedades. La biometría se repitió al final de la investigación. La eliminación de sedimentos y materia orgánica se realizó por sifón a través de una manguera hacia el canal de desagüe.

Cuadro 4: Composición porcentual y contenido nutricional estimado de las dietas

INGREDIENTES (%)	TRATAMIENTOS		
	T1 (0%AAS)	T2 (2.5%AAS)	T3 (5%AAS)
Hna. Pescado prime	30.00	30.00	30.00
Harinilla de trigo	23.65	23.65	23.65
Torta de soya 47	20.00	20.00	20.00
Harina de carne	20.00	20.00	20.00
Aceite crudo de soya	5.00	2.50	0.00
Aceite acidulado de soya	0.00	2.50	5.00
Ligante	0.50	0.50	0.50
Sal común	0.43	0.43	0.43
Premezcla acuicultura	0.20	0.20	0.20
Cloruro de Colina	0.10	0.10	0.10
Aquamos	0.10	0.10	0.10
Antioxidante	0.03	0.03	0.03
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Costo de alimento	3.70	3.66	3.62
NUTRIENTES (%)			
Materia seca	91.09	91.09	91.09
Proteína	45.00	45.00	45.00
Fibra	2.65	2.65	2.65
Extracto etéreo	11.28	11.28	11.28
Lisina	2.97	2.97	2.97
Metionina	0.90	0.90	0.90
Cistina	0.61	0.61	0.61
Arginina	2.80	2.80	2.80
Histidina	1.16	1.16	1.16
Isoleucina	1.88	1.88	1.88
Treonina	1.84	1.84	1.84
Triptófano	0.50	0.50	0.50
Met + cist	1.49	1.49	1.49
Fen + tir	3.42	3.42	3.42
Ac. Gs n-3	2.12	2.12	2.12
Ac. Gs n-6	2.63	2.63	2.63
Fosf. Total	1.28	1.28	1.28
Sodio	0.60	0.60	0.60
ED. Truchas (Mcal/kg)	3.78	3.78	3.78

Cuadro 5: Fórmula de premezcla Acuicultura

Nutriente	Cantidad	Unidad
Vitamina A	4666.67	UI
Vitamina D3	666.67	UI
Vitamina E	46.67	UI
Tiamina	6	G
Riboflavina (B2)	6.67	G
Niacina	50	G
Ácido Pantoténico	16.67	G
Piridoxina (B6)	5	G
Biotina	0.27	G
Ácido fólico	1.33	G
Ácido ascórbico	200	G
Vitamina B12	0.01	G
Cloruro de colina	200	G
Manganeso	13.33	G
Hierro	6.67	G
Zinc	6.67	G
Cobre	0.5	G
Yodo	0.5	G
Selenio	0.1	G
Cobalto	0.5	G
B.H.T	40	G
Excipientes c.s.p	1000	G

*Composición por 1 Kg. de premezcla

FUENTE: DSM Nutritional Products Perú S.A. (2014)

3.8. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Como se mencionó anteriormente el tipo de alimento utilizado fueron pellets y granulados. La primera semana se alimentó con el tamaño de partícula más pequeña que corresponde a 0.98 mm, la segunda y tercera semana el alimento fue de tamaño de partícula de 1.18 mm y, la cuarta y última semana del periodo experimental el tipo de alimento suministrado fue pellet de 2.0 mm de diámetro.

3.8.1. Tasa y frecuencia de alimentación

Los peces fueron alimentados de lunes a domingo, la primera alimentación se suministró a una tasa del 7% de la biomasa por día. La entrega se efectuó en 6 raciones diarias, iniciando y culminado a las 8:30 y 18:00 hrs. respectivamente. Conforme los peces crecían, el requerimiento de alimento aumentaba, por tanto observando la demanda por parte de cada unidad experimental se procedía a incrementar la cantidad de alimento.

3.8.2. Suministro de alimento

El suministro de alimento se llevó a cabo en forma manual, asegurándonos que cada pez de la unidad experimental reciba el alimento hasta el punto de saciedad, esto quiere decir, hasta que el pez perdía el interés o hambre, evitando el desperdicio de alimento. Mediante la observación del comportamiento alimentario del alevín, se determinó el momento del corte del suministro de alimento.

3.9. EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

El agua utilizada para alimentar el sistema de recirculación provenía de la red de agua potable pública del distrito de La Molina. Para realizar el análisis de la calidad de agua se extrajeron muestras de los acuarios seleccionados al azar y en cantidades de acuerdo al parámetro a evaluar. Éstos se realizaron tres veces por semana, el mismo día se realizó la medición de oxígeno disuelto. La temperatura se registró diariamente a las 8:30, 12:30 y 17:00 horas.

3.9.1. Temperatura

Se registró directamente del acuario, utilizando un termómetro digital, y para el ambiente un termómetro de mercurio.

3.9.2. Oxígeno disuelto

Se utilizó un monitor de oxígeno de la marca PinPoint II, el cual puede mostrar una lectura digital para el oxígeno disuelto. Su rango de medición es de 0.0 – 20.0 mg/L. Se evaluó por las mañanas y su medida fue expresada en mg de Oxígeno/ litro de agua.

3.9.3. pH

Se utilizó con un medidor de pH, marca Oaklon, con rango de medición de 1.0 – 15.0 pH, con 0.1 de precisión.

3.9.4. Dureza

Se utilizó el kit colorimétrico de dureza marca *La Motte*, el cual utiliza el valorador de lectura directa, que proporcionan una exactitud dentro de la gama habitual de 0-200 ppm, con una sensibilidad de 4 ppm de carbonato de calcio (CaCO₃). La medición de la dureza se registró por las mañanas (10:00 am).

3.9.5. Nitrógeno amoniacal

Se utilizó un medidor de nitrógeno amoniacal, marca *Hanna*, con rango de medición de 0.00 – 3.00 mg/L.

3.9.6. Nitrito

Fue medido mediante el kit colorimétrico de tres reactivos de la marca *Sera*. El rango de medición es de 0.0 – 400.0 mg/L. La muestra fue tomada directamente de los acuarios.

3.10. EVALUACIONES BIOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS

Se realizó al inicio y al final del experimento, teniendo especial cuidado para evitar el estrés de los peces que se genera por manipulación de los mismos.

3.10.1. Peso vivo unitario y talla

Se registraron el peso unitario y la talla de los alevines de cada unidad experimental. Para esta última se utilizó una cinta métrica, y fueron efectuadas desde la boca hasta el final de la aleta caudal.

3.10.2. Biomasa total

Se obtuvo mediante la sumatoria de los pesos unitarios de los alevines de cada acuario.

3.10.3. Ganancia de biomasa (G) e Incremento de talla (L)

La ganancia de biomasa se obtuvo por diferencia del peso de la biomasa total de cada acuario al inicio y término de la fase experimental.

$$G = W_f - W_i$$

Dónde:

W_i : Biomasa inicial

W_f : Biomasa final

El incremento de talla fue hallado por la diferencia entre la talla final e inicial.

$$L = L_f - L_i$$

Dónde: L_i : Talla inicial

L_f : Talla final

3.10.4. Consumo de Alimento

La ración de alimento fue pesada en un vaso de plástico rotulado con el número del acuario, luego se pesó el alimento restante y por diferencia se obtuvo la cantidad de alimento consumido. El consumo de alimento se calculó interdiariamente hasta los 28 días que duró el experimento, de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de alimento} = \text{alimento ofrecido} - \text{residuo}$$

3.10.5. Conversión Alimentaria (CA)

La conversión alimenticia se refiere a la relación entre la cantidad de alimento consumido sobre la ganancia de peso durante el periodo experimental.

$$CA = Q \div \Delta W$$

Donde:

CA: Conversión alimenticia

Q : Cantidad de alimento (g) tal como ofrecido, consumido durante el periodo experimental.

ΔW : Ganancia de peso (g) durante el periodo experimental.

3.10.6. Sobrevivencia

Al iniciar las labores de limpieza previa a la alimentación, se observaba y registraba los peces vivos por las mañanas durante los 7 días de la semana, con el fin de evaluar la sobrevivencia al final de la etapa experimental del estudio. Se determinó la sobrevivencia a partir de la diferencia entre el número final e inicial de individuos (Pineda, 1999).

$$S (\%) = \frac{NPf}{NPi} * 100$$

S : Sobrevivencia expresada en %

NPf: Numero de peces final

NPi: Número de peces inicial

3.10.7. Costo de alimento por Kilogramo de ganancia de peso

Se realizó el cálculo del costo de cada dieta experimental (PA), presentado en el Anexo 7, el cual se multiplicó por la conversión alimenticia (CA) obteniendo el costo de alimento por kilogramo de peso ganado durante el periodo experimental (Camacho, 2012).

$$C = PA \times CA$$

3.10.8. Relación de eficiencia proteica (PER)

Es la relación existente entre la ganancia de peso y el consumo de proteína (Pellet y Young, 1980).

$$PER = \text{Ganancia de biomasa (Kg)} / \text{proteína consumida (Kg)}$$

3.11. DISEÑO ESTADÍSTICO

El experimento fue conducido mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos (niveles de aceite acidulado de soya) y tres repeticiones cada uno. Se aplicó análisis de varianza. Para la comparación de promedios de los parámetros se empleó la prueba de Duncan ($p < 0.05$) (Calzada 1984).

Para el análisis estadístico se utilizó el Software Statistical Analysis System (SAS, 1998). El modelo aditivo lineal matemático fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1, 2, 3 \text{ tratamientos} \\ j=1, 2, 3 \text{ repeticiones} \end{array}$$

Donde:

X_{ij} = Variable respuesta que se obtiene de la unidad experimental que recibió el i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición

μ = Media aritmética general de la población

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Efecto de la j -ésima unidad experimental a la que se le aplicó el i -ésimo tratamiento (error experimental).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Las mediciones de los parámetros de calidad de agua se muestran en el Anexo 1.

La obtención de una alta producción acuícola va a depender de la existencia de condiciones ambientales idóneas para el pez, por ello las propiedades fisicoquímicas del agua han de mantenerse constante dentro de los niveles óptimos para cada especie (Castelló, 1993). La temperatura y el oxígeno afectan directamente la tasa de crecimiento de los individuos, mientras que el oxígeno y pH influyen en la reproducción (Carretero, 2002). En el presente estudio, la temperatura máxima registrada fue 15.8°C, ésta se mantuvo dentro del rango permisible para el mantenimiento de la trucha en cautiverio, es decir, entre 9 y 17°C, valores reportados por Blanco (1995) y Klontz (1991). Se registró 9 mg/l de oxígeno disuelto, nivel óptimo señalado por (Holliman, 2000). Además los datos de pH y dureza muestran valores adecuados de 7.1 y 145 ppm respectivamente. En cuanto a las concentraciones de nitrógeno amoniacal y nitrito, se mantuvieron por debajo de los rangos nocivos para la especie. De acuerdo a los resultados, durante el periodo experimental se mantuvo la calidad de agua en adecuadas condiciones.

4.2 PESO Y GANANCIA DE PESO

Los pesos unitarios obtenidos al inicio y al final de la evaluación, se muestran en el Cuadro 6 y en el Anexo 4. El Anexo 5, presenta los datos de biomasa inicial, biomasa final y ganancia de peso por biomasa. El análisis de variancia indica que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos para el peso inicial, el peso final, la ganancia de peso, la biomasa inicial, la biomasa final y la ganancia de peso por biomasa (Anexo 10 y Anexo 11).

De acuerdo a los resultados, el aceite acidulado de soya y el aceite crudo de soya en la dieta responden de forma similar respecto al peso y a la biomasa, y en vista que el tipo de aceite es lo único que diferencia a los tratamientos, se podría presumir que ambos aceites cubrieron

Cuadro 6: Efectos del reemplazo de aceite crudo de soya por aceite acidulado de soya en el comportamiento productivo de alevines de trucha arco iris

Parámetros	Tratamientos		
	T1	T2	T3
	ACS(%)	2.50	0
AAS(%)	0.00	2.50	5.00
Peso unitario (g)			
Inicial	1.48 ± 0.03 ^a	1.45 ± 0.02 ^a	1.44 ± 0.04 ^a
Final	8.04 ± 0.13 ^a	7.82 ± 0.37 ^a	7.79 ± 0.01 ^a
Ganancia peso (g)	6.55 ± 0.10 ^a	6.37 ± 0.38 ^a	6.35 ± 0.03 ^a
Talla Unitaria (cm)			
Inicial	4.72 ± 0.21 ^a	4.69 ± 0.25 ^a	4.52 ± 0.08 ^a
Final	7.56 ± 0.12 ^a	7.45 ± 0.14 ^a	7.46 ± 0.19 ^a
Incremento de Talla	2.83 ± 0.19 ^a	2.76 ± 0.38 ^a	2.95 ± 0.11 ^a
Biomasa (g)			
Inicial	35.61 ± 0.77 ^a	34.70 ± 0.58 ^a	34.53 ± 1.00 ^a
Final	192.93 ± 3.21 ^a	187.64 ± 8.81 ^a	187.01 ± 0.32 ^a
Ganancia de Biomasa	157.32 ± 2.44 ^a	152.94 ± 9.00 ^a	152.48 ± 0.69 ^a
Consumo de alimento por alevín (g)	6.06 ± 0.33 ^a	5.74 ± 0.19 ^a	5.68 ± 0.16 ^a
Conversión Alimenticia	0.92 ± 0.04 ^a	0.90 ± 0.02 ^a	0.89 ± 0.03 ^a
Sobrevivencia (%)	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a
Costo de Alimentación			
Costo del alimento S/. / Kg	3.609	3.572	3.534
Costo del alimento por Kg de ganancia de peso	3.32^a	3.21^a	3.15^a
Costo relativo (%)	100.00	96.69	94.88

^a Promedios con letras iguales en la misma fila no expresan diferencias significativas DCA, con Prueba de medias de Duncan ($\alpha=0.05$)

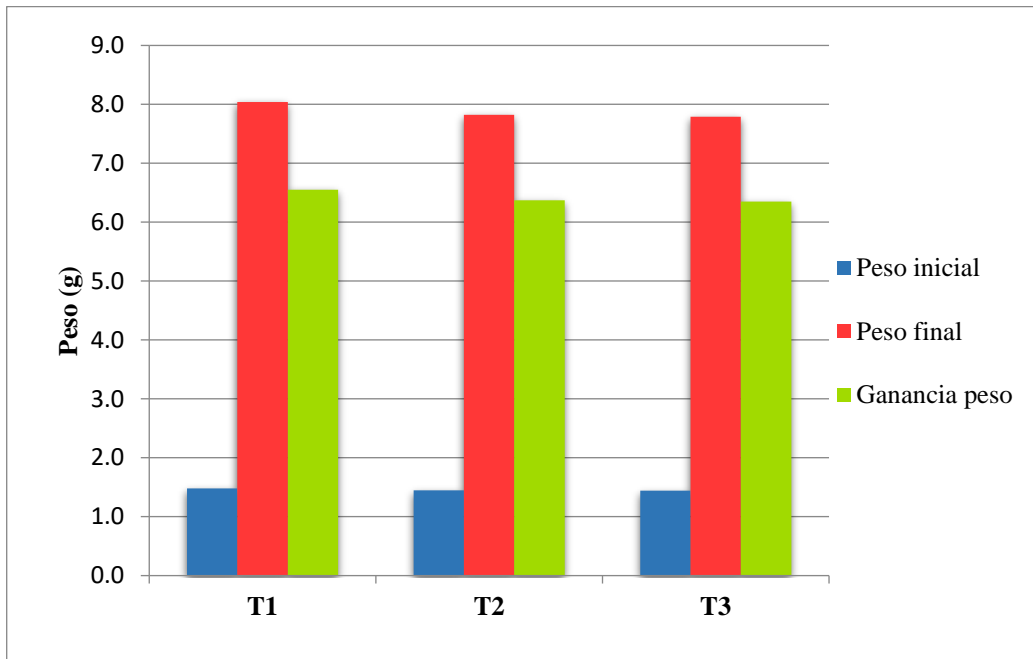


Figura 2. Peso inicial, final y ganancia de peso (g)

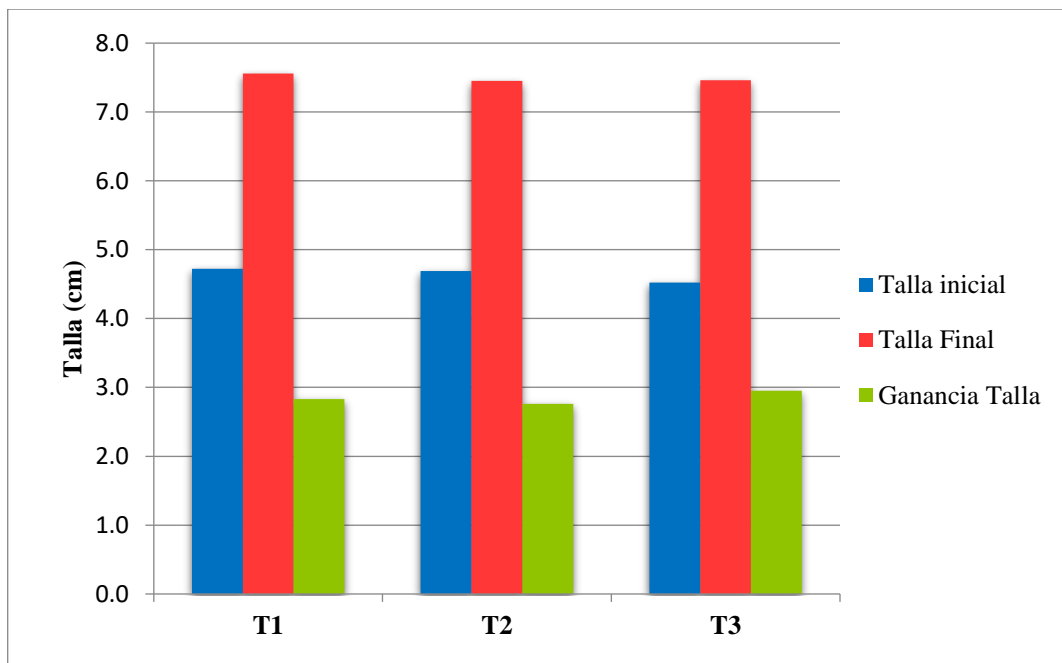


Figura 3: Incremento de talla por tratamiento (cm)

los requerimientos de ácidos grasos esenciales y energía para los alevines de trucha, Gary y Yu, citado por Bazán (2002). Sin embargo, la ganancia de peso y biomasa del tratamiento T1 (5% ACS) fueron numéricamente mayor a T2 y T3, aquellos que incluyeron AAS (Figura 2).

Resultados similares fueron obtenidos en alevines de tilapias por Aguilar et al. (2012), quienes trabajaron con ACS y AAS en los mismos niveles en la dieta igual al presente estudio; encontraron mayor ganancia de peso para la dieta de ACS (5%), aunque sin encontrar diferencias estadísticas entre los tratamientos. Al igual que las truchas arco iris alimentadas con AAS en comparación al aceite compuesto, las cuales no presentaron diferencias estadísticas en la ganancia de peso reportados por Bazán (2002).

Similar resultado, en aves, reportaron Vieira et al. (2002) al obtener al mayor ganancia de peso en aquellos pollos que recibieron dietas con un solo tipo de aceite, ACS o AAS, en niveles de 4 y 8%, respecto a aquellos cuya dieta incluía la mezcla de ambos aceites, presentando valores inferiores. A pesar de ello manifestaron que el aceite acidulado de soya es una buena alternativa como fuente lipídica en dietas para aves.

Por su parte, Pérez (2011), demostró que el uso de AAS en dietas para pollos y gallinas, no afecta la ganancia de peso y, peso y masa de huevo respectivamente, en comparación con los resultados obtenidos por el aceite crudo de soya, solo registraron diferencias numéricas entre ambos. De igual forma Mizrak et al. (2005), al sustituir al aceite crudo de girasol por su respectivo aceite acidulado en niveles de 0, 25, 50, 75 y 100% en dietas de gallinas ponedoras, encontró similar respuesta en relación al peso de huevo. Sin embargo, la producción y masa de huevo si aumentó significativamente para el tratamiento con aceite acidulado de girasol.

4.3 TALLA FINAL E INCREMENTO DE TALLA

Los resultados obtenidos del incremento de talla se muestran en el Cuadro 6 y Anexo 6. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos evaluados respecto a la talla inicial, final e incremento de talla (Anexo 12).

Si bien, los resultados estadísticos reflejan igualdad entre tratamientos, al comparar la talla inicial con el incremento de talla, claramente se observa que T3 con talla inicial menor obtiene mayor incremento en relación al tratamiento con inclusión de aceite crudo de soya (Figura 3), a pesar de obtener T1 la mayor longitud final. Esto difiere de los datos reportados por Aguilar et al. (2012), dado que los alevines de tilapia con dietas control (5% ACS) obtuvieron mayor incremento de talla respecto a los de la dieta de AAS (2,5% y 5%), pero sin evidenciar diferencias significativas.

4.4 CONSUMO DE ALIMENTO

Los datos sobre consumo de alimento se muestran en el Cuadro 6 y Anexo 4. El análisis de variancia indica que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para el consumo total de alimento por los tratamientos (Anexo 13).

La alimentación se realizó manualmente y a saciedad. Éste es uno de los procedimientos más ampliamente utilizados en la mayoría de instalaciones. La ración se reparte en diferentes tomas y se controla el tamaño de la comida atendiendo a las señales del apetito proporcionadas por los propios peces (Sanz, 2009). Ello a fin de evitar los desperdicios de alimento. Conforme los alevines crecían, se incrementó la ración y por lo tanto el consumo (Figura 4). Aunque no se encontraron diferencias significativas, el tratamiento T3 fue la más ingerida por los peces, coincidiendo con su mayor peso final, ganancia de peso y biomasa observada. El Cuadro 7 presenta el consumo de nutrientes estimado para cada dieta.

Este resultado es comparable al reportado por Aguilar et al. (2012), quienes registraron mayor consumo para la trucha alimentada con la dieta de 5% ACS respecto a aquellas alimentadas con AAS, aunque estadísticamente los resultados fueron similares. Bazán (2002) de la misma forma obtiene resultados similares, pero con aceite acidulado de pescado y aceite compuesto.

Los peces, al igual que otros animales, regulan su ingesta por el contenido energético de la dieta (Castello, 2000; Guillaume et al., 2004; Cho y Kaushik, 1990), junto al espacio disponible en el estómago y tiempo de evacuación gástrica (Vahl citado por Gonzales, 2002). De hecho, los peces que comen a saciedad regulan su consumo de alimento acorde al nivel de energía dietaria de manera tal que su consumo energético llega a ser casi constante, pero

Cuadro 7: Consumo estimado de los componentes nutricionales de las dietas (g)

COMPONENTE (g)	Tratamientos		
	T1	T2	T3
	ACS(%)	5.00	2.50
AAS(%)	0.00	2.50	5.00
Materia seca	5.51	5.19	5.16
Proteína total	2.75	2.65	2.64
Grasa	0.57	0.53	0.56
Fibra cruda	0.18	0.18	0.17
Ceniza	0.49	0.44	0.46
ELN	1.52	1.40	1.32

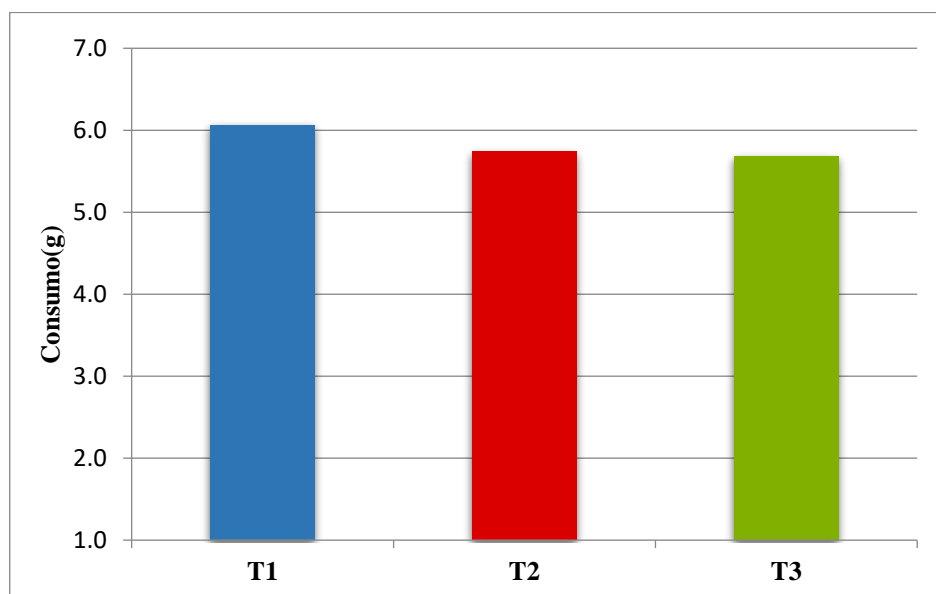


Figura 4: Total de alimento consumido por alevín (g)

elevados niveles de energía, a causa de altos contenidos lipídicos, conducen a un sobreconsumo de energía dietaria (Cho, 1987).

En el estudio, al suministrarle dietas isoenergéticas, la conducta de consumo de los peces fue similar, los alevines mostraban una voracidad semejante al recibir las seis raciones diarias, sin embargo, particularmente los peces del tratamiento T1 mostraban un ligero mayor interés medido por la observación y evidenciado por la cantidad de alimento consumido comparado con los otros tratamientos, aunque sin diferir estadísticamente.

De haber resultado una diferencia marcada en el consumo, una de las razones que habría contribuido en ello sería la tasa de evacuación, siendo de los alimentos de bajo contenido energético más rápida que aquellos ricos en energía (Jobling, 1987), y posterior la sensación de apetito en los peces (Kinghts, 1983).

En relación a la digestibilidad, el AAS posee alta cantidad de ácidos grasos libres (50%) comparado al aceite crudo de soya (Pardio et al., 2001), pero éste posee una buena digestibilidad (Mateos, 1999) y un grado de insaturación de 84% (Rand et al, 1996). Así, investigaciones reportan que el AAS en la truchas presenta un CDA de 85.96% (Remicio, comunicación personal, 2015) valor inferior a 91.43% que corresponde al del ACS reportado por (Guzmán, comunicación personal, 2015). A pesar de estas características, el AAS no afectó la ingesta, además de la ganancia de peso y talla que ya se mencionaron anteriormente, al no mostrar diferencias estadísticas.

Es importante destacar que la temperatura juega un papel muy importante en la alimentación. Es así que a bajas temperaturas, la tasa metabólica basal se reduce y disminuye el consumo de alimento. Por lo tanto, la tasa de ganancia disminuye en proporción a la reducción de temperatura. Contrario a ello, a altas temperaturas, aumenta el consumo y el crecimiento de la trucha, mientras que no se altere la disponibilidad de oxígeno disuelto. La ingesta de alimento, por su parte, aumenta la tasa metabólica como consecuencia del trabajo extra realizado por la ingestión, digestión y utilización de la dieta (Cho y Kaushik, 1990). Es así, que los alevines mostraron similar consumo, ya que la temperatura se mantuvo en los límites permisibles y constante en todos los tratamientos.

4.5 CONVERSION ALIMENTICIA (CA)

Los datos de CA se muestran en el Cuadro 6, Anexos 4 y 8. El análisis de varianza indicó que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo 14). Pero, numéricamente, conforme se incrementó el nivel de AAS, mejoró la CA, es decir, fue menor para el tratamiento T3.

Aguilar et al. (2012), obtuvieron que los alevines de tilapia cuyo aceite en la dieta fue ACS (5%), como única fuente de lípidos, fue la que obtuvo mejor conversión alimenticia, aunque estadísticamente no presentaron diferencias.

En cuanto al valor numérico de la CA, resultaron 0.92, 0.9 y 0.89 correspondientes a T1, T2 y T3 respectivamente. Halver (1972), afirma que es muy difícil obtener valores de conversión de alimento iguales o menores que 1, y de resultar esto, debe considerarse el alimento natural, dado que éstos suministran los nutrientes esenciales para que el pez alcance su máximo crecimiento potencial (Woynarovich y Woynarovich, 1998). Así, Talavera (1997) manifiesta que la CA varía durante el ciclo de producción y entre las poblaciones, y debería ser entre 0.6-1.0 en camarones de hasta 10 gramos de peso y entre 1.0 y 1.3 para tallas mayores.

Por su parte Deza et al. (2002) obtuvieron conversiones alimenticias de 0.54 a 3.55 en alevines de paco, considerando como adecuado el tratamiento que mostró 1.09 por acercarse a la unidad. En relación a los alevines de trucha criados en condiciones de laboratorio, la humedad del pez o errores en el manipuleo al momento del pesado; es posible que expliquen los valores bajos de la conversión alimenticia.

4.6 SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia al final del periodo experimental fue del 100% en todos los tratamientos, no encontrándose efectos negativos por el uso de AAS en la dieta. La alimentación a saciedad estaba regulada por la observación, la limpieza de agua fue constante y se mantuvo un adecuado control de calidad de agua. De esta forma, se evitó la pérdida de algún alevín.

4.7 RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

Los datos del PER se muestran en el Anexo 8. Y el análisis de variancia en el Anexo 15, el cual reveló que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre los peces alimentados con las dietas experimentales.

Cuanto más alto es el valor del PER más efectiva será la incorporación proteica en la constitución corporal (Steffens, 1987). Si bien, los valores del PER fueron similares entre los tratamientos, se determinó que el tratamiento T2 y T3 fueron numéricamente mejor en comparación al tratamiento T1, el cual solo contenía aceite crudo de soya. En base a lo descrito por el autor se puede presumir que T3 (5%AAS) fue más eficiente en términos de PER.

4.8 COSTO DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO

El Cuadro 6 y el Anexo 9 presentan el costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso. El análisis de variancia no muestra diferencias significativas ($p>0.05$), para los tratamientos durante la evaluación (Anexo 16). Sin embargo, la dieta del tratamiento T3 presentó un costo de alimentación de S/ 3.15, valor numéricamente menor a S/3.32 correspondiente al tratamiento T1, al presentar el primero una mejor conversión alimenticia.

El costo de alimento por kilogramo de ganancia de peso se redujo al utilizar aceite acidulado de soya en reemplazo peso a peso del aceite crudo de soya en la dieta, determinando que a mayor nivel de inclusión de aceite acidulado en los tratamientos disminuyeron los costos, debido a su menor precio en el mercado por ser un subproducto de la refinación del aceite crudo. El costo de las dietas considerando el precio de las materias primas, especialmente del aceite acidulado de soya, al momento de la formulación de las mezclas, se presentan en el Anexo 7.

Por tanto el costo relativo (%) fue menor para los tratamientos con AAS respecto al tratamiento T1 (5%ACS). Por consiguiente, indica un ahorro económico de hasta 5% por el uso de aceite acidulado de soya en las dietas de inicio para alevines de trucha arco iris.

De lo expuesto, las dietas con inclusión de aceite acidulado de soya, presentaron un mejor resultado económico en base al costo del alimento por kilogramo de ganancia de peso, resultando así una alternativa viable para los piscicultores que buscan hacer más rentable su actividad sin afectar los rendimientos productivos de la trucha arco iris.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales reportadas y de acuerdo con los resultados y observaciones efectuadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación se concluye:

1. La utilización de aceite acidulado de soya en dietas para alevines de trucha arco iris, en reemplazo (peso a peso) del aceite crudo de soya, no afecta el comportamiento productivo en el peso, crecimiento, longitud, consumo de alimento, conversión alimenticia, sobrevivencia, relación de eficiencia proteica y costo por kilogramo de ganancia de peso.
2. El aceite acidulado de soya en reemplazo parcial o total del aceite crudo de soya en dietas de inicio para alevines de trucha arco iris permitió reducir el costo de alimentación por kilogramo de ganancia de peso, en 3.31% y 5.12% respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar aceite acidulado de soya en reemplazo del aceite crudo de soya hasta el nivel de 5% en dietas de inicio para alevines de trucha arco iris.
- Evaluar la inclusión del aceite acidulado de soya en la dieta de diferentes etapas de crecimiento de la trucha.

VII. BIBLIOGRAFIA

- **ALIZADEH, S; SHAHIR, MH; AMANLO, H; BARADARAN, N; ASADI K, A.** 2012. Sunflower oil production wastes (acidulated soapstock) as an energy source in broiler chickens diet (en línea). Isfahan, IR. Consultado 10 Ago. 2015 Disponible en:<http://crowa.khuisf.ac.ir/DorsaPax/userfiles/file/pazhoresh/crowa91/56.pdf>
- **AGUILAR, J; CAMACHO, R; CELIS, H; CHACÓN, L; TUPAYACHI, G; VERGARA, V.** 2012. Evaluación de ácidos grasos neutralizados en remplazo de aceite crudo de soya en dietas para alevines de tilapia. Reporte LINAPC, Departamento de Nutrición. Lima, PE, Universidad Nacional Agraria La Molina. 6 p.
- **ANTIOTRADING S.A.S.** 2013. Materias primas para Nutrición Animal. Aceite Acidulado de Soya: Ficha Técnica Technical Sheet.
- **ASAGIR** (Asociación Argentina de Girasol, AR). 2003. Girasol/Uso (en línea). Ed. Melgarejo, M. Buenos Aires, AR, Chivilcoy Continuos S.A. 37 p. Consultado 10 oct. 2015. Disponible en http://www.asagir.org.ar/cuad_4.pdf
- **BAZAN, A.** 2002. Utilización del aceite acidulado de pescado en remplazo del aceite compuesto para la alimentación de truchas arco iris. Tesis Mg. Sc. Universidad Nacional Agraria La Molina. 132 p.
- **BERNARDINI, E.** 1981. Tecnología de Grasas y Aceites. Primera edición. Madrid, ES, Alhambra S.A. 499 p.
- **BEDOYA G, GI.** 2003. Determinación de la energía metabolizable del aceite acidulado de soya y su evaluación comparativa en dietas de inicio para pollos de carne. Tesis. Ing. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 63 p.

- **BLANCH, A; BARROETA, AC; BAUCCELLS, MD; SERRANO, X; PUCHAL, F.** 1996. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Science Technology*. 61: 335-342.
- **BLANCO, CM.** 1995. *La trucha, Cría Industrial*. 2 ed. Madrid, ES, Ediciones Mundi Prensa. 238 p.
- **BOYD, EC.** 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Birmingham, Alabama, EU. 146 p.
- **BRETON, B.** 2007. *El Cultivo de la Trucha: Principales especies de cría, infraestructura, técnicas de alevinaje, genética, alimentación, gestión de la producción, higiene y comercialización*. Barcelona, OMEGA, ES. 420 p.
- **CABALLERO, MJ; LÓPEZ-CALERO, G; SOCORRO, J; ROO, FJ; IZQUIERDO, MS; FERNÁNDEZ, AJ.** 1999. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 179: 277–290.
- **CAICYT** (Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, ES). 1987. *Nutrición en Acuicultura*. Eds. J. Espinoza de los Monteros; U. Labarta. Madrid, ES, Industrias Graficas España. v 1. 303 p.
- **CALZADA, J.** 1984. *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 527 p.
- **CAMACHO, B; MORENO, R; RODRÍGUEZ, G; LUNA ROMO, C; VÁSQUEZ, M.** 2000. *Guía para el Cultivo de Trucha*. . D.F., MX, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 135 p.
- **CAMACHO, R.** 2012. *Evaluación de tres niveles de harina de subproducto de calamar gigante (*dosidicus gigas*), en dietas para alevines de tilapia roja (*oreochromis spp.*)*. Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, PE. 85 p.

- **CARRETERO, I.** 2002. Técnico en Piscifactorías. Cultural S.A., Madrid, ES. v2. 246 p.
- **CASTELLÓ O, F.** 1993. Acuicultura Marina: Fundamentos Biológicos y Tecnología de la Producción. Barcelona, ES, Universitat de Barcelona. 739 p.
- _____ . 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos (en línea). Facultad de Biología. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. Consultado 30 nov. 2015. Disponible en http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/34castl2.pdf
- _____ . 2013. Piscicultura Marina en Latinoamérica. Bases científicas y técnicas para su desarrollo. Barcelona, ES, Universidad de Barcelona. 312 p.
- **CASTRO, R; HERNÁNDEZ J; AGUILAR G.** 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* sp) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)– IPN, Oaxaca, Mx. Revista AquaTIC 20:38-43p.
- **CHO, CY; KAUSHIK, SJ.** 1990. Nutritional Energetics in Fish: Energy and Protein Utilization in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). World Review of Nutrition and Dietetics 61:132-172.
- **CREMER, M.** 2006. Principles of Pond and Cage Fish Farming, Curso RAPCO en Acuicultura, Monterrey, Nuevo Leon, México, 12 al 16 de Junio.
- **DEZA, S; QUIROZ, S; REBAZA, M; REBAZA, C.** 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “PACO” en estanques seminaturales de Pucallpa (en línea). Consultado 15 de nov. 2015. Disponible en <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL709.pdf>
- **DMS NUTRITIONAL PRODUCTS PERU S.A.** 2014. Premezcla de vitaminas y minerales para suplementar (microficha). Lima, PE. 10.5 x 18.5 cm.

- **DOLZ, S.** 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. Madrid, 7 y 8 de Noviembre. XII Curso de Especialización. FEDNA. Madrid, 7 y 8 de Noviembre 1996.
- **DOWD, MK.** 1996. Compositional characterization of cottonseed Soapstock. Journal of the American Oil Chemists' Society. 73:1287- 1295.
- **DUMONT, MJ; NARINE, SS.** 2007. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: Review on their characterization, extraction and utilization. Food Research International, 40, 957-974.
- _____ . 2008. Characterization of soapstock and deodorizer distillates of vegetable oils using gas chromatography. Lipid Technology, 20(6), 136-138.
- **ENERGIAS PERUANAS.** 1999. Enersoy, Enermás. Folleto de Divulgación. Congreso Latinoamericano de Avicultura. Lima, PE.
- **EVANS, DH; CLAIBOME, JB.** 2006. The Physiology of Fishes. 3rd Edicion, Taylo & Francis group, Boca Raton, Florida. 601 p.
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2012. FAO anuario 2012. Estadísticas de pesca y acuicultura.
- **FEDNA** (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, ES). 2010. Aceites y oleínas de origen vegetal (en línea). Madrid, ES. Consultado 10 mar. 2015. Disponible en http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-oleinas-de-origen-vegetal
- **GONZALES B, CE.** 2002. Efecto de diferentes razones de proteínas y lípidos en las dietas sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del pacífico (*Oncorhynchus kisutch*) (en línea). Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Consultado 24 nov. 2015. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132261>

- **GROPP, J; SCHAWALB-BUHLING, A; KOOPS, H; TIEWS, K.** 1982. On the protein-sparing effect of dietary lipids in pellet feeds for rainbow trout. Arch. Fischerei-Wiss. 33:79-89.
- **GUILLAUME, J.** 1991. La nutrición de salmonidés. La Pisciculture Française, 100: 47-59, 103: 4-24, 104: 25-42.
- _____; **KAUSHIK, S; BERGOT, P; MÉTAILLER, R.** 2004. Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos. Madrid, ES, Ediciones Mundi prensa. 475 p.
- **GUNSTONE, F.** 2011. Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. 2 ed. John Wiley & Sons, Iowa, EU. 376 p.
- **GUZMÁN, A.** 2015. Determinación de la energía digestible del aceite acidulado de soya en juveniles de trucha arco iris (Entrevista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. Comunicación personal.
- **HAAS, MJ; SCOTT, KM; ALLEMAN, TL; AND MCCORMICK, RL;** 2001. Engine performance of biodiesel fuel prepared from soybean soapstock: A high quality renewable fuel produced from a waste feedstock. Energy & Fuels, 15, 1207-1212.
- _____; **MICHALSKI, PJ; RUNYON, S; NUNEZ, A; SCOTT, KM.** 2003. Production of FAME from acid oil, a by-product of vegetable oil refining. JAOCS. 80(1), 97-102.
- _____. 2005. Improving the economics of biodiesel production through the use low value lipids as feedstock. Fuel Process Technology. 86:1087-1096.
- **HALVER, J.** 1972. Nutrición de peces. Academic Press, New York, ES. 713p.
- **HALVER, J; HARDY, R.** 2002. Fish Nutrition. 3 ed. Academic Press, San Diego, California, ES. 824 p.
-

- **HILL, RW; WYSE, GA; ANDERSON.** 2006. Fisiología Animal. Madrid, ES, Médica Panamericana. 1026 p.
- **HINSHAW, JM.** 1999. Trout Production. Feeds and Feeding Methods. United States Department of Agriculture, Cooperative State Research Service and the Extension Service. 223: 1-2.
- **HOLLIMAN, A.** 2000. Enfoque Veterinario de la Cría de la Trucha. In “Acuicultura para Veterinarios – Producción y Clínica de Peces”. Cap. 14. p. 233-258. Editora Lidia Brown. Zaragoza, ES, Acribia S.A. 455 p.
- **JIMÉNEZ G, F.** 1992. Parásitos y enfermedades de la trucha (en línea). MX, Facultad de Ciencias Biológicas UANL. Consultado 15 set. 2015. Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020082556/1020082556.PDF>
- **JOBLING, M.** 1987. Influences of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: Test of a physiological model of gastric emptying. J. Fish Biol. 30, 299 - 314.
- **KAUSHIK, SJ.** 1990. Nutrition et alimentation des poissons et contrôle des déchets piscicoles. La Pisciculture Française. 101: 14-23.
- **KESKIN, A; GURU, M; ALTIPARMAK, D; AYDIN, K.** 2008. Using of cotton oil soapstock biodiesel-diesel fuel blends as an alternative diesel fuel. Renewable Energy. 33, 553-557.
- **KLEEBERG, F; ROJAS, M.** 2012. Pesquería y Acuicultura en el Perú. Lima, PE, Fondo Editorial Universidad de Lima. 286 p.
- **KLONTZ, GW.** 1991. Manual for rainbow trout production on the family-owned farm (en línea). Nelson and Sons, Inc. Murray, Utah, USA. Consultado 2 abr. 2015. Disponible en <http://aqua.ucdavis.edu/DatabaseRoot/pdf/TROUTMAN.PDF>

- **KNIGHTS, B.** 1983. Food particle size preferences and feeding behavior in warmwater of european eel. *Aquaculture*. 30: 173–190.
- **LEE, DJ; PUTNAM, GB.** 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutrition* 103: 916-922.
- **LEESON, S; SUMMERS, JD.** 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3 ed. University Books, Guelph, Ontario, CA. 412 p.
- **LOVELL, RT.** 1987. Requerimientos Minerales de los Peces. En “Nutrición en acuicultura-Plan de formación de técnicos superiores”. Tomo 2. Cap. 13. p. 281 -288. Coord. M. de la Higuera, J. Espinoza de los Monteros y U. Labarta. Madrid, ES. 318 p.
- _____ . 2002. Diet and Fish Husbandry. In: “Fish Nutrition”. 3ra edición. Eds. J.E. Halver; R. W. Hardy. California, US, Academic Press. 824 p.
- **LUQUET, P; RENO, P; KAUSHIK, SJ.** 1981. Influence du nombre de repas journaliers et du jeûne hebdomadaire sur la croissance chez la truite arc-en-ciel. *Annales De Zootechnie* 30 (4): 411-424.
- **Mc DONALD, P; EDWARDS, RA; GREENHALGH, JF; MORGAN, CA; SINCLAIR, LA; WILKINSON RG.** 2013. *Nutrición Animal*. 7ma ed. Zaragoza, ES, Editorial Acribia S.A. 653 p.
- **MATEOS, GG; REBOLLAR, PG; MEDEL, P.** 1996. Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: Grasas puras y mezclas. En “XII Curso de Especialización FEDNA”. Madrid, ES. 21 p. Consultado 18 oct. 2015. Disponible en http://fundacionfedna.org/sites/default/files/96CAP_I.pdf
- **MIZRAK, C; CEYLAN, N; ÇİFTÇİ, İ; KAHRAMAN, Z; KARAÇALTI, MZ.** 2005 Effects of Sunflower Oil Replacement by Acidulated Sunflower Soapstock Oil on Performance, Egg Quality and Fatty Acid Composition of Laying Hens (En turco). *Tavukçuluk Araştırma Dergisi* 6 (1): 21-24.

- **MONARI, S.** (1994). Full Fot Soya Handbook. Ed. ASA. Bruselas.
- **MONTAÑA, CA.** 2009. Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua (en línea). Tesis Ing. Universidad Militar Nueva Granada. Santa Fe de Bogotá, CO. 76p. Consultado 1 dic. 2015. Disponible en <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/397/1/MontanaCamilo2009.pdf>
- **MONTERO, D; ROBAINA L, E; SOCORRO, J; VERGARA, JM; TORT, L; IZQUIERDO, MS.** 2001. Alteration of liver and muscle fatty acid composition in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles held at high stocking density and fed an essential fatty acid deficient diet. *Fish Physiology and Biochemistry*, 24: 63–72.
- **MOREIRA, E.** 2013. Principales características de las materias primas utilizadas en la producción de biodiesel: la influencia del contenido y la concentración de los ácidos grasos. *Ingenium, Revista de la Facultad de Ingeniería*. 25, 53-61
- **NARCISO, GC.** 2002. Estimación de energía metabolizable y valor biológico de aceite de soya con alto contenido de ácidos grasos libres, para la alimentación de aves. Tesis. Mag. Sc. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, MX. 36 p.
- **NAVARRETE S, NA; FERNANDEZ, GE; CONTREAS R, G; ROJAS B, ML; SANCHEZ M, R.** 2004. Piscicultura y Ecología en Estanques Dulceacuícolas. AGT Editor S.A. México DF, MX.
- **NELSON, DL; COX, MM.** 2005. Lehninger, Principios de Bioquímica. 4 ed. Barcelona, OMEGA, ES. 1264 p.
- **NORMAN, G.** 1983. Fisiología, Mejoramiento, Cultivo y Utilización de la soya. Buenos Aires, AR, Hemisferio Sur S.A. 247 p.
- **NRC (National Research Council, US).** 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academy Press, Washington, D.C. 376 p.

- **O' BRIEN, RD.** 2008. Fats and Oils: Formulating and Processing of applications. New York, ES, CRC Press. 680 p.
- **OGINO, CB; TAKEUCHI, T.**1976. Protein nutrition in fish. VI. Effects of dietary energy sources on the utilization of proteins by rainbow trout and carp. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish. 42 (1976): 213- 218.
- **OLSEN, RE; RINGO, E.** 1997. Lipid digestibility in fish: a review. Recents Res. Devel. Lipids Res. 1, 199-265.
- **PALACIOS P, G.** 1998. Uso de Enermás en la alimentación de cerdos en la fase de engorde. Mundo avícola y porcino. N° 26 marzo – abril.
- **PARDIO, VT; LANDIN, LA; WALISZEWSKI, KN; BADILLO, C; PEREZ-GIL, F.** 2001. Effect of Acidified Soapstock on Feed Conversion and Broiler Skin pigmentation. Poultry science, 80: 1236-1239.
- **PELLET, P; YOUNG, R.** 1980. Evaluación nutricional de los alimentos proteínicos. Editor Meter Pellet. Tokyo, JP, The United Nations University. 45 p.
- **PÉREZ M, J.** 2011. Estimación de la energía metabolizable de dos aceites acidulados de soya y su efecto en la producción de pollas y gallinas Bovans White. Tesis Mag. Sc. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, MX. 71 p.
- **PHILLIPS, V; TSCHIDA, R; HERNANDEZ, M; AQUINO, G.** 2008. Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (en línea). Consultado 12 abr. 2015. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/39395925/Manual-Basico-Para-El-Cultivo-de-Trucha-Arco-Iris-1#scribd>.
- **PINEDA, R.** 1999. Elaboración y evaluación de dietas a partir de harinas de barrilete (*Euthynnus linneatus*) y rasposa (*Haemulon maculiconda*) como alimento de bagre (*Ictalurus punctatus*) en condiciones de laboratorio. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, MX. 61 p.

- **PRODUCE**. 2011. Estudio sobre la acuicultura de la trucha a nivel mundial, el desenvolvimiento de la importación de ovas, la tendencia de la producción nacional y su comercialización.
- **RANDALL, DJ; TSUI, TK**. 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*. 45(1-12):17-23.
- **RAND, NT; CIER, D; VIOLA, S**. 1996. Israeli experience with full fat soybeans. En 2nd International Fullfat Soya Conference. Budapest, Hungría. 311-323 p.
- **REANEY, MJ**. 2002. Method for soapstock acidulation. US6399802 B2 Patent Application. Consultado 29 nov. 2015. Disponible en https://www.lens.org/images/patent/US/6399802/B2/US_6399802_B2.pdf
- **REMICIO, A**. 2016. Determinación de la energía digestible del aceite acidulado de soya en juveniles de trucha arco iris (Entrevista). Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. Comunicación personal.
- **SANTAMARIA M, CS**. 2014. Nutrición y alimentación en peces nativos (en línea). Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”. Consultado 21 oct. 2015. Disponible en <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2697/1/23591903.pdf>
- **SANZ, F**. 2001. La alimentación en piscicultura (en línea). In “XVII Curso de Especialización FEDNA”. Madrid, ES. 9 p. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en <http://fundacionfedna.org/sites/default/files/01CAPXIII.pdf>
- _____. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura. Madrid, ES, Fundación Observatorio Español de Acuicultura. 2 v. 803 p.
- **SAS (Statistical Analysis System, EU)**. 1998. Aplicaciones del SAS en la investigación científica. Eds. E Flores; G Gutiérrez. Lima, PE.

- **SHEPHERD, J; BROMAGE, N.** 1999. Piscicultura intensiva. Zaragoza, Editorial Acribia S.A., ES. 405 p.
- **SIBBALD, ID; KRAMER, JG.** 1977. The effect of basal diet on the utilization of fat as source of true metabolizable energy, lipid, and fatty acids. Poultry Science. 59:316-324.
- **SIERRA EXPORTADORA.** 2015. Sierra Exportadora capacitó en Huancavelica a productores sobre crianza de trucha (en línea). Lima, PE. Consultado 26 nov, 2015. Disponible en <http://www.sierraexportadora.gob.pe/sierra-exportadora-capacito-en-huancavelica-productores-de-sobre-aspectos-basicos-para-crianza-de-trucha/>
- **SIOL S.A.** (Sociedad de Industrias Oleaginosas, PE). 2014. Aceite acidulado de Soya.
- **SKRUDLAND, A.** 2000. Nutrición en Acuicultura. En “Acuicultura para veterinarios – Producción y Clínica de Peces”. Cap. 8. p. 161-167. Editora Lidia Brown. Zaragoza, ES, Acribia S.A. 455 p.
- **STARKEY, CW; HANCOCK, JD; JONES, CL; LEE, DJ.** 2002. Acidulated Soapstock and restaurant grease in diets for nursery pigs. Journal of Animal Science 80(2):9 (Resumen).
- **STEFFENS, W.** 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Zaragoza, ES, Acribia S.A. 275 p.
- **TACON A, GJ.** 1996. Lipid nutritional pathology in farmed fish. Archives of Animal Nutrition, 49: 33–39.
- **TALAVERA, V; SÁNCHEZ, D; ZAPATA, L.** 1997. Tasa o factor de conversión alimenticia en el cultivo de camarón. Boletín nicovita. Edición Tumpis. 2v, 03 marzo. 2 p.
- **TELES, A; KAUSHIK, S.** 1992. The effect of fish weight on the optimum protein to energy ratio of diets for rainbow trout. Aquaculture. 100(1-3): 223-233.

- **VALENZUELA B, A; SANHUEZA C, J; DE LA BARRA D, F. 2012.** El aceite de pescado: Ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional (en línea). *Revista Chilena de Nutrición*. 39(2):201-209. Consultado 29 ago. 2015. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000200009>

- **VENTURI, G; AMADUCCI, MT. 1988.** La soya. Madrid, ES, Ediciones Mundi Prensa. 254 p.

- **VIEIRA, SL; RIBEIRO A, ML; KESSLER, AM; FERNANDES, LM; EBERT, AR; EICHNER, G. 2002.** Utilização da Energía de Dietas para Frangos de Corte Formuladas com Óleo Ácido de Soja (en línea). *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 4 (2):1-13. Consultado 10 ene. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179713975005>

- **WALISZEWSKI, KN. 1986.** Use of soapstock in feeding Broilers. *Nutrition Reports International*. 34 (3):429-435.

- **WATANABE, T. 1987.** Requerimientos de ácidos grasos y lipídica en los peces. En “Nutrición en acuicultura- Plan de formación de técnicos superiores” .Tomo 2. Cap. 9. p. 99-148. Coord. M. de la Higuera. J. Espinoza de los Monteros y U. Labarta. Madrid, ES. 318 p.

- **WOERFEL, JB. 1983.** Alternatives for processing of Soapstock. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*. 60:310-313.

- _____ . 1995. Soybean oil processing byproducts and their utilization. In “Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization”. Ed. Erickson, DR. AOCS Press, Champaign, IL.

- **WOYNAROVICH, A.; WOYNAROVICH, E. 1998.** Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Guía detallada para la producción de alevinos de gamitana, paco y caraña. FONDEPES. Taller. Lima-Perú.

- **WURTS, W.** 2004. Understanding water hardness. Kentucky State University. World Aquaculture 24(1): 18.
- **YILMAZ, E; GENÇ, E.** 2006. Effects of Alternative Dietary Lipid Sources (Soy-acid oil and Yellow grease) on Growth and Hepatic Lipidosis of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Fingerling: A Preliminary Study. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 6: 37-42.
- **ZUMBADO, M; GUTIÉRREZ, C; PÉREZ, E.**1994. Utilización de grasas y sus subproductos en la alimentación avícola. Revistas Académicas Universidad de Costa Rica. 1(1): 43-58.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. REGISTRO DE LOS PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Parámetros		Semanas				Promedio
		1	2	3	4	
Temperatura Acuario (°C)	8.00 am	14.5	16.6	15.3	16.9	15.8
	12.00 m	15.0	15.7	16.7	14.2	15.4
	4.00 pm	14.9	16.1	14.3	14.8	15.0
Temperatura Ambienal (°C)	8.00 am	25	24.5	25	25	24.9
	12.00 m	27	26	26	28	26.8
	4.00 pm	24	25	24.5	25	24.6
Oxígeno disuelto (mg/L)		9	9.3	8.4	6.8	8.4
Dureza (ppm)		150	170	120	140	145.0
Ph		7.1	6.8	7.2	7.1	7.1
Nitrito (mg/L)		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Nitrógeno Amoniacal		0.18	0.21	0.18	0.27	0.21

ANEXO 2. DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

ACUARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tratamiento	T1 r2	T2 r3	T2 r1	T3 r1	T1 r1	T2 r2	T3 r2	T1 r3	T3 r3

ANEXO 3. ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Tipo de Análisis	Nivel de Aceite Acidulado de Soya		
	0% (T1)	2.5% (T2)	5% (T3)
Humedad, %	9.05	9.54	9.15
Proteína Total, %	45.31	46.10	46.53
Grasa, %	9.40	9.32	9.87
Fibra Cruda, %	2.97	3.05	3.03
Ceniza, %	8.12	7.65	8.18
Extracto Libre de Nitrógeno, %	25.15	24.34	23.24

Fuente: Realizado en el laboratorio de evaluación nutricional de alimentos de la UNALM, (valores en base húmeda).

ANEXO 4. PESO INICIAL, PESO FINAL, GANANCIA DE PESO, CONSUMO DE ALIMENTO Y CONVERSION ALIMENTICIA.

Tratamiento	Repetición	Peso Inicial g	Peso Final g	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia
T1 (0% AAS)	1	1.5167	8.1752	6.6585	6.42	0.9642
	2	1.4821	8.0327	6.5506	5.9945	0.9151
	3	1.4525	7.9078	6.4553	5.769	0.8937
	Promedio	1.4838	8.0386	6.5548	6.0612	0.9243
T2 (2.5% AAS)	1	1.4522	8.1857	6.7335	5.9297	0.8806
	2	1.4192	7.8184	6.3992	5.7368	0.8965
	3	1.4663	7.4511	5.9849	5.5438	0.9263
	Promedio	1.4459	7.8184	6.3725	5.7368	0.9011
T3 (5% AAS)	1	1.4058	7.7786	6.3728	5.7275	0.8987
	2	1.4250	7.7920	6.3670	5.5106	0.8655
	3	1.4854	7.8054	6.3200	5.8148	0.9201
	Promedio	1.4387	7.7920	6.3533	5.6843	0.8948

ANEXO 5. GANANCIA DE BIOMASA

Tratamiento	Repetición	Biomasa	Biomasa Final	Ganancia de
		Inicial		Biomasa
		g	g	g
T1 (0%AAS)	1	36.4	196.2048	159.8048
	2	35.57	192.7852	157.2152
	3	34.86	189.7881	154.9281
	Promedio	35.6100	192.9260	157.3160
T2 (2.5%AAS)	1	34.852	196.4563	161.6043
	2	34.06	187.6415	153.5815
	3	35.19	178.8267	143.6367
	Promedio	34.7007	187.6415	152.9408
T3 (5%AAS)	1	33.74	186.6874	152.9474
	2	34.2	187.0089	152.8089
	3	35.65	187.3304	151.6804
	Promedio	34.5300	187.0089	152.4789

ANEXO 6. INCREMENTO DE TALLA POR TRATAMIENTO

Tratamiento	Repetición	Talla Inicial	Talla final	Incremento de
		cm	cm	Talla
		cm	cm	cm
T1 (0%AAS)	1	4.7833	7.6852	2.9019
	2	4.4833	7.4609	2.9776
	3	4.9000	7.5237	2.6237
	Promedio	4.7222	7.5566	2.8344
T2 (2.5%AAS)	1	4.4667	7.5977	3.1310
	2	4.6500	7.4240	2.7740
	3	4.9667	7.3311	2.3644
	Promedio	4.6945	7.4509	2.7565
T3 (5%AAS)	1	4.5167	7.5277	3.0110
	2	4.4333	7.2498	2.8165
	3	4.6000	7.6136	3.0136
	Promedio	4.5167	7.4637	2.9470

ANEXO 7. COSTO DE LAS DIETAS

Ingredientes	Costo (S/. / Kg)	TRATAMIENTOS		
		T1	T2	T3
		0%AAS	2.5%AAS	5%AAS
Hna. Pescado prime	6.60	1.98	1.98	1.98
Harinilla de trigo	1.00	0.24	0.24	0.24
Torta de soya 47	1.80	0.36	0.36	0.36
Harina de Carne	3.40	0.68	0.68	0.68
Aceite crudo de soya	4.70	0.24	0.12	0.00
Aceite acidulado de soya	3.00	0.00	0.08	0.15
Ligante	12.10	0.06	0.06	0.06
Sal común	0.30	0.00	0.00	0.00
Premezcla para acuicultura	39.00	0.12	0.12	0.12
Aquamos	28.00	0.03	0.03	0.03
Antioxidante	14.30	0.00	0.00	0.00
COSTO DE DIETA	(S/. / Kg)	3.70	3.66	3.62

ANEXO 8. RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

Tratamiento	Repetición	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Consumo de proteína g	PER
T1 (0%AAS)	1	6.6585	6.42	2.9089	2.2890
	2	6.5506	5.9945	2.7161	2.4118
	3	6.4553	5.769	2.6139	2.4696
	Promedio	6.5548	6.0612	2.7463	2.3901
T2 (2.5%AAS)	1	6.7335	5.9297	2.7336	2.4632
	2	6.3992	5.7368	2.6447	2.4197
	3	5.9849	5.5438	2.5557	2.3418
	Promedio	6.3725	5.7368	2.6446	2.4082
T3 (5%AAS)	1	6.3728	5.7275	2.6650	2.3913
	2	6.3670	5.5106	2.5641	2.4831
	3	6.3200	5.8148	2.7056	2.3359
	Promedio	6.3533	5.6843	2.6449	2.4034

ANEXO 9. COSTOS DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO

Tratamiento	Repetición	Conversión alimenticia	Costo de alimento	Costo de alimento / Kg. de Peso ganado
				S/. /Kg.
T1 (0%AAS)	1	0.9642	3.7	3.568
	2	0.9151	3.7	3.386
	3	0.8937	3.7	3.307
	Promedio	0.9243	3.7	3.420
T2 (2.5%AAS)	1	0.8806	3.66	3.223
	2	0.8965	3.66	3.281
	3	0.9263	3.66	3.390
	Promedio	0.9011	3.66	3.298
T3 (5%AAS)	1	0.8987	3.62	3.253
	2	0.8655	3.62	3.133
	3	0.9201	3.62	3.331
	Promedio	0.8948	3.62	3.239

ANEXO 10. ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO

Análisis de variancia del peso unitario inicial

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.00351325	0.00175662	1.62	0.739	NS
Error	6	0.00668471	0.00111412			
Total	8	0.01019796				

C.V.= 2.292264%

NS: no significativo

Análisis de variancia del peso unitario final

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.10996544	0.05498272	1.08	0.3979	NS
Error	6	0.30598071	0.05099678			
Total	8	0.41594615				

C.V.= 2.864709%

NS: no significativo

Análisis de variancia de la ganancia de peso unitario

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.07420803	0.03710401	0.73	0.5190	NS
Error	6	0.30361605	0.05060268			
Total	8	0.37782408				

C.V.= 3.500156%

NS: no significativo

ANEXO 11. ANALISIS DE VARIANCIA DE LA BIOMASA

Análisis de variancia de la Biomasa inicial

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	2.02241422	1.01120711	1.58	0.2817	NS
Error	6	3.84840267	0.64140044			
Total	8	5.87081689				

C.V.= 2.291691%

NS: no significativo

Análisis de variancia de la Biomasa final

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	63.3389422	31.6694711	1.08	0.3980	NS
Error	6	176.224893	29.3708155			
Total	8	239.563835				

C.V.= 2.864540%

NS: no significativo

Análisis de variancia de la ganancia de Biomasa

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	42.7536163	21.3768082	0.73	0.518	NS
Error	6	174.905353	29.1508921			
Total	8	217.658969				

C.V.= 3.500371%

NS: no significativo

ANEXO 12. ANALISIS DE VARIANCIA DEL INCREMENTO DE TALLA

Análisis de variancia de la talla inicial

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.07462593	0.03731296	0.95	0.4366	NS
Error	6	0.23427963	0.03904661			
Total	8	0.30890556				

C.V.= 4.254592%

NS: no significativo

Análisis de variancia de la talla final

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.01995884	0.00997942	0.44	0.6632	NS
Error	6	0.13572397	0.02262066			
Total	8	0.15568281				

C.V.= 2.007923%

NS: no significativo

Análisis se variancia del incremento de talla

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.05507553	0.02753776	0.42	0.6725	NS
Error	6	0.38931769	0.06488628			
Total	8	0.44439322				

C.V.= 8.950486%

NS: no significativo

ANEXO 13. ANÁLISIS DE LA VARIANCIA DEL CONSUMO DE ALIMENTO

Análisis se variancia del consumo total de alimento a los 28 días

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.2500166	0.1250083	2.19	0.1927	NS
Error	6	0.34209475	0.05701579			
Total	8	0.59211135				

C.V.= 4.097528%

NS: no significativo

ANEXO 14. ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.00142956	0.00071478	0.84	0.4767	NS
Error	6	0.00510333	0.00085056			
Total	8	0.00653289				

C.V.= 3.247704%

NS: no significativo

ANEXO 15. ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.000518	0.0002590	0.04	0.9576	NS
Error	6	0.035642	0.0059403			
Total	8	0.036160				

C.V.= 3.2105%

NS: no significativo

ANEXO 16. ANÁLISIS DE VARIANCA DEL COSTO DE ALIMENTO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO

FV	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F valor	Pr > F	Sig.
Tratamiento	2	0.05132822	0.02566411	2.20	0.1924	NS
Error	6	0.07010267	0.01168378			
Total	8	0.12143089				

C.V.= 3.2566%

NS: no significativo

ANEXO 17. INSTALACIONES Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS (LINAPC)

EQUIPO	UNIDAD	FUNCIÓN
Ablandador de agua	1m ³	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
Tanque sumidero	Capacidad 360 Lt	Recepcionar directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
Bomba de agua	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
Filtro mecánico (Reemy)	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20µm.
Filtros Housing	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20µm
Enfriador/calentador de agua	2 HP de potencia	Enfría o calienta el agua en un rango de 13–32 °C.
Esterelizador U.V.	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseada en los acuarios.
Filtros Cuno	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros (5µm y 1µm), permite que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
Bomba de aire (blower)	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
Acuarios para pruebas de crecimiento	9 unidades	Alberga a los peces durante la evaluación. Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6mm y dimensiones de 0.47x0.47x0.50m.

ANEXO 18. PLANO DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y NUTRICIÓN DE PECES Y CRUSTÁCEOS (LINAPC)

