

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA VALPARAÍSO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y GEOGRAFIA

ESCUELA CIENCIAS DEL MAR



Evaluación del uso de harina de Camelina (*Camelina sativa*) como sustituto parcial de alimento comercial a distintos porcentajes en la dieta de la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Proyecto para optar al título de Ingeniero Acuicultor

por

Juan Patricio Venegas Ponce

Valparaíso
2018

COMITÉ DE TITULACIÓN

Profesor Guía : Sra. María Isabel Toledo Donoso

Profesor : Sra. Mariel Elian Campalans Barnier

Profesor : Sr. Carlos Felipe Hurtado Ferreira

INFORME DE TESIS

Evaluación del uso de harina de Camelina (*Camelina sativa*) como sustituto parcial de alimento comercial a distintos porcentajes en la dieta de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

**Alumno
Juan Patricio Venegas Ponce**

Habiéndose reunido la comisión de Tesis, se acordó calificarla con nota 6,0 autorizar su empaste, con correcciones menores indicadas en el texto, emitiendo el siguiente informe:

El estudiante aborda un tema de especial relevancia para la industria de los alimentos para la acuicultura, como lo es la utilización de una materia prima vegetal alternativa, como la harina de camelina sativa.

Realiza una buena documentación para la justificación de la problemática estudiada. La metodología usada corresponde a lo recomendado por la bibliografía recopilando para ello, una valiosa información bibliográfica relativa al estado del arte de la incorporación de materias primas vegetales en la formulación de alimentos para trucha arco iris.

Los porcentajes de harina Camelina ensayados en las formulaciones fueron 0, 10, 30 y 50% de incorporación de acuerdo a antecedentes bibliográfico. Los resultados y conclusiones de su Proyecto de Título apuntan a que es posible utilizar harina de Camelina hasta un 30 % en las formulaciones de alimentos para truchas.

Carlos Felipe Hurtado Ferreira

Mariel Elian Campalans Barnier

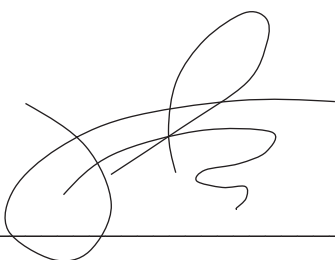


M. Isabel Toledo Donoso
Profesor Guía

En Valparaíso, 4 de septiembre 2018

AUTORIZACIÓN DE USO

Al presentar este Proyecto como último requisito para la obtención del título de Ingeniero Acuicultor, autorizo a la biblioteca de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, para que disponga libremente de ella. Autorizo además reproducciones parciales o totales de este Proyecto sólo con fines académicos.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line extending to the right, positioned above a solid horizontal line.

Juan Patricio Venegas Ponce

I. AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios Avanzados, PUCV, y su programa concursable “Tesis Innovadoras de Pregrado”, por hacerme adjudicatario de este beneficio, sin los fondos que solventaron las distintas necesidades, este proyecto no hubiera sido posible.

A la compañía Camelina Company España, por donar la harina de camelina requerida, para los fines de investigación requerida, y su total cooperación en el proceso de importación desde España a Chile.

A el Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura (LABCPAC), por su apoyo, asesoría, y buena disposición, en especial a la doctora y profesora María Isabel Toledo, por ser mi profesor guía, y confiar en mi proyecto para la postulación al concurso de la DIE.

A la Piscicultura “Rio Blanco”, por aportar los peces y facilitar el alimento comercial con el cual se llevó a cabo este ensayo, y a su jefe de centro Germán Olivares, por su buena disposición y consejos.

A mi madre, fuera de los formalismos estaría sin duda en primer lugar, ya que lo logrado en este proyecto, e incluso todo lo que soy, y logre ser algún día, es absolutamente gracias a ella, a su amor, dedicación, atención e infinito esfuerzo.

A mi abuela y padrino, ellos siempre han sido un gran apoyo de nuestra familia, con su atención, nos hemos mantenido en pie y juntos como familia, mi abuela, más que una abuela, es mi segunda madre.

A mis amigos, siento mucho aprecio y cariño por todos ellos, y lo percibo intensamente de forma recíproca, estoy rodeado de buenos amigos, y sin su apoyo y buenos consejos, no sería igual.

II. CONTENIDO

COMITÉ DE TITULACIÓN	ii
I. AGRADECIMIENTOS.....	v
II. CONTENIDO.....	vi
III. ÍNDICE DE FIGURAS	ix
IV. ÍNDICE DE TABLAS	xi
V. RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general:.....	4
2.2. Objetivos específicos:	4
3. ANTECEDENTES GENERALES	5
3.1. La Harina de Pescado.....	5
3.1.1. Producción de harina de pescado en el mundo	5
3.1.2. Precio de la harina de pescado	5
3.1.3. Producción de harina de pescado en Chile.....	6
3.1.4. Competencia por la harina de pescado	7
3.2. La relación entre la producción de harina de pescado y la acuicultura.....	7
3.3. Sustitución de aceite y harina de pescado en los alimentos destinados a la salmonicultura	9

3.4. Salmonicultura	10
3.4.1. Alimentación de salmónidos	10
3.4.2. Consumo de energía en salmónidos	11
3.4.3. Crecimiento en salmónidos	13
3.5. Camelina	14
3.5.1. Distribución geográfica de la camelina.....	15
3.5.2. Hábitat de la camelina	16
3.5.3. Cultivo de la camelina.....	16
3.5.4. Usos para la camelina.....	17
3.5.5. Contenido proteico de la camelina	18
3.5.6. Contenido lipídico de la camelina.....	19
4. MATERIALES Y METODOS	21
4.1. Diseño experimental	21
4.2. Condiciones experimentales	21
4.2.1. Temperatura	22
4.3. Obtención de los peces.....	23
4.4. Dietas experimentales	23
4.4.1. Ingredientes de las dietas	23
4.4.2. Formulación de las dietas.....	23
4.4.3. Preparación de las dietas	25

4.5. Régimen de alimentación.....	28
4.6. Muestreos.....	29
4.7. Índices de crecimiento	29
4.7.1. Tasa de crecimiento específica (SGR)	29
4.7.2. Factor de condición (K)	31
4.7.3. Factor de conversión (FCR)	31
4.8. Diagrama metodológico.....	32
4.9. Análisis estadístico.....	32
5. RESULTADOS	33
5.1. Incremento en peso	33
5.2. Factor de condición (K)	35
5.3. Tasa de crecimiento (SGR).....	36
5.4. Factor de conversión (FCR).....	37
5.5. Mortalidad.....	38
5.6. Análisis estadístico.....	38
6. DISCUSIÓN	39
7. CONCLUSIONES	42
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
9. ANEXOS.....	53

III. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Precios de las harinas de pescado y soya en dólares por tonelada (FAO, 2016).	6
Figura 2: Toneladas de harina de pescado producidas en Chile durante los últimos años (Sernapesca, 2015).	6
Figura 3: Proporción de harina de pescado y harina de semillas oleaginosas utilizada como pellets en la producción acuícola del salmón (FAO, 2016).	7
Figura 4: Crecimiento de la trucha arcoíris [g ind^{-1}] y la influencia de la temperatura [$^{\circ}\text{C}$], con TGC = 0,174 (A), en similares condiciones de cultivo y alimentación (Iwama & Tautz, 1981; Cho & Bureau, 1998).	13
Figura 5: <i>Camelina Sativa</i>	14
Figura 6: Vista general, estanques.	22
Figura 7: Vista general de un estanque.	22
Figura 8: Distribución de Dietas y grupos de peces en el laboratorio.	22
Figura 9: Temperatura y unidades térmicas acumuladas (UTA) al momento de cada muestreo.	23
Figura 10: Composición de proteína digestible en 1 [kg] de alimento y cantidad de alimento suministrada, al aplicar el ajuste.	24
Figura 11: Moledora “Moulinette”, modelo “1,2,3” e implementos para el molido de AC.	26
Figura 12: Mezcladora Kitchenaid modelo “Heavy Duty”.	26
Figura 13: Alimento post mezclado.	27
Figura 14: Bandejas de alimento dispuestos en la estufa “Memmert”, modelo “Um-200”.	27
Figura 15: Alimento post horneado en proceso de enfriado.	27

Figura 16: Plano esquemático para la preparación de las Dietas.	28
Figura 17: Diagrama metodológico del proceso de investigación.	32
Figura 18: Incremento en peso de las distintas dietas y sus desviaciones estándar.....	34
Figura 19: Factor de condición de las Dietas al momento de cada muestreo.....	35
Figura 20: Tasa de crecimiento específica (SGR) para las distintas Dietas, al momento de cada muestreo.	36
Figura 21: Factor de conversión (FCR) para las distintas Dietas, al momento de cada muestreo.	37
Figura 22: Mortalidad de los grupos en el tiempo.....	38

IV. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición química de la dieta para el cultivo de trucha arcoíris.....	10
Tabla 2: Requerimientos diarios mínimos de energía digestible (DE) y alimento para trucha arcoíris.....	12
Tabla 3: Contenido de aceite y proteína cruda en distintas semillas oleaginosas en % MS ⁻¹ ..	18
Tabla 4: Contenido de aminoácidos en distintas semillas oleaginosas en % PC ⁻¹	19
Tabla 5: Contenido de ácidos grasos en distintas semillas oleaginosas en % AG ⁻¹	20
Tabla 6: Composición de las Dietas.	24
Tabla 7: Contenido de materias primas y las dietas experimentales de proteína, proteína digestible, grasa, azúcares totales, humedad, almidón, fibra bruta, ceniza (% MS ⁻¹) y energía (kJ kg ⁻¹).....	25
Tabla 8: Incremento en peso de las distintas Dietas en cada muestreo, variación de peso, porcentaje de incremento en peso y variación de porcentaje de peso respecto al grupo de control.	33
Tabla 9: Tabla de %PC utilizada en el estudio, peso (g) y temperatura (°C).....	53
Tabla 10: Peso promedio, desviación estándar y número de peces de cada grupo al momento de cada muestreo.	54
Tabla 11: Resultados de las distintas Dietas en delta en peso, mortalidad, factor de condición (K), tasa de crecimiento (SGR) y factor de conversión (FCR).	55

V. RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo en las dependencias del Laboratorio Experimental de Acuicultura, Escuela de Ciencias del Mar, PUCV, con el objetivo de determinar los efectos de cuatro Dietas con diferente nivel de inclusión de harina de camelina (*Camelina sativa*) (HC), se estudiarán los indicadores productivos como, tasas de crecimiento (SGR), factor de condición (K) y factor de conversión (FCR), de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con las distintas Dietas. Las Dietas evaluadas fueron Dieta Control (con 0% de HC), Dieta 1 (con 10% de HC), Dieta 2 (con 30% de HC) y Dieta 3 (con 50% de HC). Se utilizaron 8 estanques de fibra circulares, de 250 litros de volumen y se distribuyeron aleatoriamente 80 peces por estanque, con un peso promedio de 10 ± 2 [g]. Los tratamientos se ensayaron por duplicado, con alimentación de un 3,3 de %PC, a una temperatura del agua de $16,2 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 8 semanas.

Los resultados de las variables estudiadas mostraron que los peces alimentados con la Dieta 2, tuvieron valores de tasa de crecimiento y factor de condición por sobre la Dieta de control y la Dieta 3 presentó resultados deficientes en comparación a las otras Dietas. A su vez, la Dieta de Control mostró los mejores resultados de factor de conversión. Las Dietas presentaron muy buena aceptación, exceptuando la Dieta 3 que mostró cierto rechazo al comienzo de la experiencia. El delta de crecimiento total de la Dieta 2 alcanzó los 18,59 [g], superior a los peces alimentados con la Dieta de control con la cual se alcanzó un delta de 14,53 [g]. El factor de conversión por la Dieta de Control presentó los mejores valores, con un índice de 1,00. El Factor de Condición presentó valores similares en las distintas dietas estudiadas. En cuanto a la tasa de crecimiento, los mejores resultados fueron presentados por la Dieta 2 y 1 respectivamente, con índices de 1,69 y 1,68. Este ensayo sugiere que los peces alimentados con la Dieta 2 presentan los mejores resultados en los indicadores productivos estudiados al incorporar un 30% de HC, en comparación con los alimentados con las otras dietas. Por otra parte, la Dieta 3 recalcó que utilizar un 50% de HC no es adecuado, ya que afecta su crecimiento.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción. Es probablemente el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa actualmente el 50 % del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial (FAO, 2017).

El porcentaje de la producción pesquera mundial utilizada para el consumo humano directo ha aumentado considerablemente en los últimos decenios, pasando del 67 % en la década de 1960 al 87 % (más de 146 millones de toneladas) en 2014. Las otras 21 millones de toneladas, se destinaron a productos no alimentarios, de los cuales el 76 % se procesó para convertirlo en harina o aceite de pescado en 2014 y el resto se utilizó en su mayoría para diversos fines, por ejemplo, como materia prima para la alimentación directa en la acuicultura (FAO, 2016).

En la acuicultura, el cultivo de algas y organismos acuáticos, es diferente de cualquier otra actividad agrícola terrestre, ya que la producción depende totalmente de la oferta y el suministro de insumos nutritivos. En el caso de las algas cultivadas y de los moluscos bivalvos, estos insumos nutritivos se suministran normalmente en forma de sales minerales disueltas u organismos alimentarios silvestres planctónicos, respectivamente. Estos nutrientes se suministran a través del consumo de organismos alimentarios naturales producidos dentro del sistema de cultivo para las especies objetivo o mediante la aplicación directa externa de los insumos alimentarios. Los insumos para pellets pueden incluir el uso de alimentos acuáticos compuestos por la industria, uso de organismos alimentarios naturales de alto valor nutricional, como forraje/pescado y organismos alimentarios invertebrados naturales/cultivados; la alimentación representan usualmente la mayor partida de costos de operación de la mayoría de las operaciones de cultivo de crustáceos y peces (Tacon & Metian, 2008).

Una proporción significativa, aunque en disminución, de la producción pesquera mundial se transforma en harina y aceite de pescado y, por lo tanto, contribuye de forma indirecta al consumo humano cuando estos productos se utilizan como pellet en la acuicultura y la ganadería. En la producción de harina y aceite de pescado se emplean muchas especies diferentes, pero el grupo más utilizado es el del pescado graso, en especial la anchoveta (FAO, 2016).

1.1. Planteamiento del problema

La búsqueda de la industria por nuevas materias primas, que puedan aportar nutrientes y energía necesaria, a los peces de cultivo, ha conllevado a la inclusión de distintas fuentes de proteína vegetal, que puedan servir como opción para suplir esta necesidad.

La harina y el aceite de pescado siguen considerándose los ingredientes más nutritivos y digeribles de los pellets para peces cultivados. Para compensar sus altos precios, a medida que aumenta la demanda de pellets, la cantidad de harina y aceite de pescado utilizada en los pellets compuestos para la acuicultura ha seguido una clara tendencia descendente, empleándose estos productos de manera más selectiva como ingredientes estratégicos en menores concentraciones y en determinadas fases de la producción, en particular en dietas de criaderos, reproducción y cebsa final (FAO, 2016).

Las principales fuentes de proteína vegetal utilizadas en la elaboración de pellets, proviene de granos que ya son altamente utilizados por otras industrias productoras, como la avícola, porcina, vacuna, entre otras, estas son, el trigo, soya, canola, etc.

La harina de camelina (HC) también se considera como un sustituto de la harina de pescado, debido a su nivel de proteína cruda (45%), la inclusión de algunos aminoácidos esenciales y su disponibilidad después de la extracción de aceite y aún no se ha probado en dietas para salmón (Morais, Edvardsen, Tocher, & Bell, 2012; Hixson, Parrish, & Anderson, 2014).

Diversos estudios, como el presente, pretenden ampliar el abanico de posibilidades, con nuevas fuentes proteicas, que puedan aportar una variedad de aminoácidos, y ácidos grasos, que puedan dar una mejor respuesta a la necesidad propuesta por la industria salmonera, o aportar un complemento a las ya utilizadas.

1.2. Justificación

El crecimiento de la acuicultura ha ido acompañado de avances tecnológicos, especialmente en lo que respecta a la nutrición y al mejoramiento genético, que están moderando la presión sobre la demanda de harina de pescado y aceite de pescado. Actualmente, el salmón

de cultivo necesita significativamente menos alimento que el salmón silvestre para alcanzar el mismo peso (Thodesen, Grisdale-Helland, Helland, & Gjerde, 1999; Fleming, Agustsson, Finstad, Johnsson, & Björnsson, 2002; Handeland, Arnesen, & Stefansson, 2003; Wolters, Barrows, Burr, & Hardy, 2009; Natale, Hofherr, Fiore, & Virtanen, 2013).

La harina de pescado y aceite de pescado son componentes importantes de alimentos para peces, sin embargo, las crecientes demandas de la producción mundial de la acuicultura y la cantidad finita de estos ingredientes de alimentos requieren que la industria busque nuevas alternativas de proteínas y de los lípidos las fuentes de origen vegetal y / o animal que apoyan el desempeño de peces similares. Numerosos estudios han investigado el potencial del uso alternativo de proteínas vegetales, especialmente la harina de soya, harina de gluten de maíz y canola aceites de comida o sus concentrados y vegetales y grasas animales en las Dietas para salmónidos (Carter & Hauler, 2000; Kaushik, 2004; Bell, Mcghee, Dick, & Tocher, 2005; Turchini, Torstensen, & Ng, 2009).

Pese a estos avances, los componentes alimenticios primordiales en la elaboración para pellets en la acuicultura, requieren que mediante la investigación y desarrollo tecnológico, se encuentren nuevas y diversas, fuentes sustentables, económicas y de mayor productividad, que permitan dotar a la industria, en cada región del mundo, de herramientas para atenuar la presión que ejercen en el medio ambiente y la pesca industrial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

Evaluar el uso de harina de Camelina (*Camelina sativa*) como sustituto parcial de alimento comercial a distintos porcentajes en la dieta de la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

2.2. Objetivos específicos:

- Analizar el comportamiento de las variables, peso, factor de condición, factor de conversión y tasa de crecimiento de las truchas alimentadas con las diferentes dietas.
- Evaluar la cantidad más adecuada de harina de camelina (*Camelina sativa*) susceptible de sustituir en un alimento comercial.

3. ANTECEDENTES GENERALES

3.1. La Harina de Pescado

3.1.1. Producción de harina de pescado en el mundo

La producción de harina de pescado alcanzó su máximo en 1994 con 30,1 millones de toneladas (equivalente en peso vivo) y desde entonces ha seguido una tendencia fluctuante, pero en general descendente. En 2014, la producción de harina de pescado fue de 15,8 millones de toneladas como consecuencia de la disminución de las capturas de anchoveta. Debido a la creciente demanda de harina y aceite de pescado, en particular por la industria de la acuicultura, junto con la subida de los precios, está aumentando la harina obtenida a partir de subproductos de pescado, que anteriormente se solían desechar. Las estimaciones auspiciosas de la contribución de los subproductos al volumen total de harina y aceite de pescado la sitúan entre el 25 y el 35%. Como se prevé que no se obtendrá más materia prima a partir de las capturas de pescado entero (en particular, de las especies pelágicas), todo aumento en la producción de harina de pescado habrá de proceder del reciclado de subproductos, lo que, no obstante, posiblemente repercuta en su composición (FAO, 2016).

3.1.2. Precio de la harina de pescado

Se espera que los precios de la harina de pescado sigan siendo elevados a largo plazo debido a una demanda sostenida. Con oscilaciones anuales principalmente a causa del fenómeno “El Niño”, la producción de harina de pescado ha disminuido gradualmente desde 2005, mientras que la demanda global ha seguido aumentando, provocando una subida de los precios a máximos históricos hasta finales de 2014, y posteriormente, los precios descendieron a mediados de 2015 (Figura 1) (FAO, 2016).

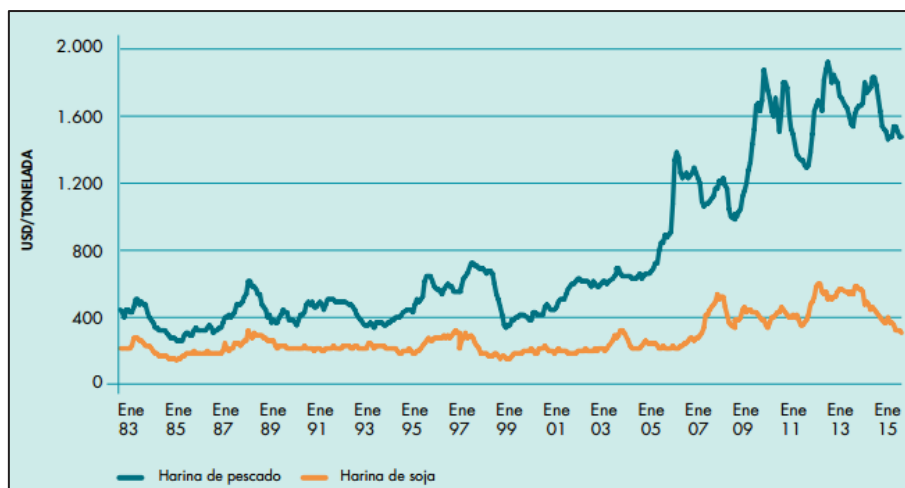


Figura 1: Precios de las harinas de pescado y soja en dólares por tonelada (FAO, 2016).

3.1.3. Producción de harina de pescado en Chile

En 2015, tanto el Perú como Chile, los principales exportadores, registran los volúmenes de exportación más bajos de los últimos seis años (Figura 2). China siguió siendo el principal importador de harina de pescado, cuyos volúmenes de importación en 2015 se mantuvieron al mismo nivel que en 2014 (FAO, 2016).

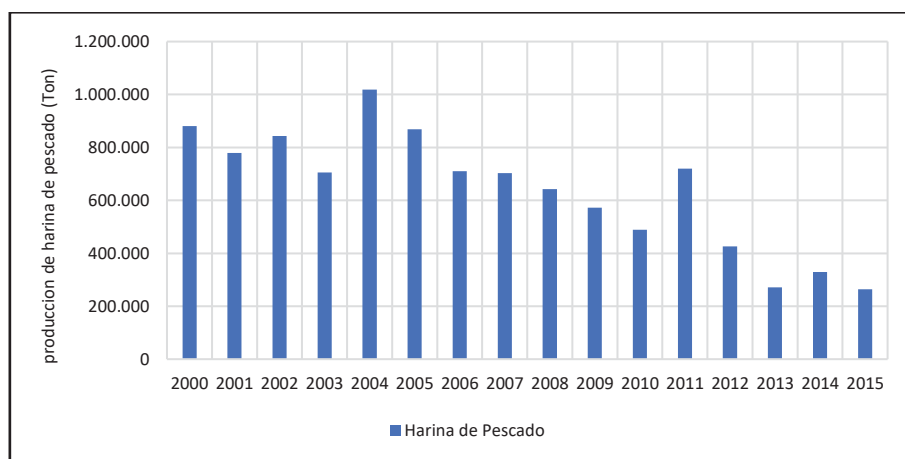


Figura 2: Toneladas de harina de pescado producidas en Chile durante los últimos años (Sernapesca, 2015).

3.1.4. Competencia por la harina de pescado

El consumo de harina y aceite de pescado seguirá estando caracterizado por la competencia tradicional existente, entre la acuicultura y la ganadería por la harina de pescado, entre la acuicultura y el sector de los complementos alimenticios por el aceite de pescado, si bien se verá limitada por la relativa estabilidad de la producción. Debido a que los precios seguirán siendo elevados y a los importantes esfuerzos realizados en materia de innovación, se prevé que el porcentaje de harina y aceite de pescado en los pellets compuestos utilizados en la acuicultura siga su tendencia descendente (Figura 3) y que la harina y el aceite de pescado se utilicen con mayor frecuencia como ingredientes estratégicos para potenciar el crecimiento en determinadas etapas de la producción de pescado. Al ser rico en ácidos grasos omega 3, se espera que el aceite de pescado se elabore cada vez más para el uso humano directo, puesto que se considera beneficioso para una amplia variedad de funciones biológicas (FAO, 2016).

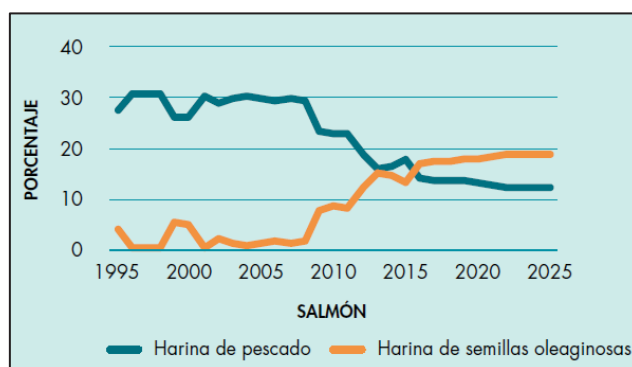


Figura 3: Proporción de harina de pescado y harina de semillas oleaginosas utilizada como pellets en la producción acuícola del salmón (FAO, 2016).

3.2. La relación entre la producción de harina de pescado y la acuicultura

La acuicultura mantiene una estrecha relación con la pesca extractiva y su producción de harina de pescado (FAO, 2016).

Al describir los efectos negativos que la acuicultura tiene sobre los suministros mundiales de pescado, se enumeran el creciente uso de peces silvestres para la alimentación de la acuicultura, las modificaciones de los hábitats, la recolección de poblaciones de semillas silvestres y otros impactos ecológicos, como las interacciones con la red alimentaria, la

introducción de especies exóticas y patógenos. Esto concluye en que la acuicultura debe ser más sostenible para contribuir al abastecimiento mundial de pescado, en particular mediante la reducción de los insumos de harina de pescado y de aceite de pescado en los pellets y la adopción de prácticas de gestión más ecológicamente racionales (Naylor et al., 2000; Natale et al., 2013).

Por el contrario, Tidwell y Allan (2001) se opusieron a esta crítica, al afirmar que la amenaza ecológica de la acuicultura, no es solo el hecho de seguir usando proteínas animales de peces silvestres capturados. Su argumento principal es que la eficiencia alimentaria de las especies cultivadas es mayor que la de los peces silvestres y es probable que mejore con el desarrollo tecnológico. Además, consideran que la dependencia de la harina de pescado se limita principalmente al salmón y el camarón, que constituyen sólo una parte relativamente pequeña de la producción acuícola (Tidwell & Allan, 2001; Natale *et al.*, 2013).

Varios autores tienden a distinguir el aumento de la demanda de la acuicultura de sus consecuencias negativas sobre las poblaciones de pequeños peces pelágicos. Si bien el aumento de los precios puede determinar una mayor presión sobre la explotación del recurso natural, los impactos ecológicos negativos previstos serán determinados en última instancia por la capacidad de los gobiernos y las pesquerías para gestionar de manera sostenible las actividades pesqueras. Varios estudios destacan la necesidad de que las pesquerías forrajeras sean manejadas de manera sostenible para mantenerse viables (Huntington & Hasan, 2009; Naylor *et al.*, 2009; FAO, 2010; Olsen, 2011; Natale *et al.*, 2013).

Según Alder *et al.* (2004), los actuales patrones regionales de disminución del consumo humano de pequeños peces pelágicos en África, Oceanía y América, sugieren una competencia directa entre el consumo humano y la pesca forrajera. El uso de peces pelágicos pequeños como peces forrajeros es criticado porque se sabe poco sobre los impactos de su eliminación de la red de alimentación en el ecosistema y porque los peces pelágicos pequeños son vistos como contribuyentes a la seguridad alimentaria y al alivio de la pobreza (Alder & Sumaila, 2004; Natale *et al.*, 2013). En la misma línea Metian *et al.* (2009) indican que el uso de pellets de peces pelágicos pequeños compite con el uso de alimentos especialmente en países en desarrollo donde existe una fuerte dependencia del pescado como fuente primaria y de bajo costo de proteína animal. Metian *et al.* (2009) abogan por limitar el uso de pequeños peces pelágicos en

los pellets, especialmente en países donde los campesinos pobres pueden consumirla como alimento (Metian, 2009; Natale *et al.*, 2013).

3.3. Sustitución de aceite y harina de pescado en los alimentos destinados a la salmonicultura

La sustitución de AP con aceites vegetales (AV) se ha estudiado extensamente. Estos aceites alternativos por lo general pueden reemplazar 100% de AP en la elaboración de pellets, sin comprometer el crecimiento, el consumo de alimento y conversión; por ejemplo, el aceite de colza, aceite de palma, aceite de linaza o aceite de soya. Sin embargo los niveles de DHA y EPA en el filete normalmente se reducen a una fracción en comparación con los peces que fueron alimentados con AP (Bell, Tocher, Henderson, Dick, & Crampton, 2003; Menoyo, Lopez-Bote, Obach, & Bautista, 2005). Esto afecta a la calidad nutritiva carne para el consumo humano, con implicaciones para la salud humana (Midtbø *et al.*, 2013). Otros aspectos de la calidad de filete de salmón atlántico tales como la calidad sensorial, la textura y el color carne se han visto afectados al utilizar AV en la Dieta (Regost, Jakobsen, & Rørå, 2004; Torstensen *et al.*, 2005).

La harina y el aceite de pescado se utilizan hoy en día más y más como ingredientes estratégicos en niveles más bajos y para etapas específicas de producción, por ejemplo, en alevines. Los esfuerzos para hacer mejoras en el uso de la harina de pescado y la sustitución del aceite de pescado están en curso y se esperan más mejoras (Natale *et al.*, 2013).

Según Naylor *et al.* (2009), en particular la demanda de aceite de pescado es probable que determine la demanda absoluta de recursos acuáticos de la acuicultura y, por lo tanto, su papel en la conservación o el agotamiento de la pesca silvestre en el futuro (Tacon & Metian, 2008; Naylor *et al.*, 2009; Natale *et al.*, 2013).

Las interacciones entre la acuicultura y la pesca deben considerarse también desde el punto de vista de la eficiencia de los recursos. Con una conciencia cada vez mayor de los consumidores sobre el medio ambiente, también existe una creciente demanda de alimentos ambientalmente sostenibles y esto ya se traduce en decisiones de marketing específicas por las principales cadenas del mercado minorista (Natale *et al.*, 2013).

3.4. Salmonicultura

3.4.1. Alimentación de salmónidos

En la alimentación y su formulación se han abarcado distintas proporciones en su composición, para Tacon *et al.* (2011) los rangos de inclusión de la materia prima, ya sea harina de proteína vegetal y harina de proteína animal, han variado sus porcentajes, entre un 20 – 50 % de harina de procedencia vegetal (Tacon, Metian, Tacon, Hasan, & Metian, 2011). Así como hay gran número de investigaciones distintas, existe un gran número de opiniones y fundamentos al respecto, ya que, por otra parte, para Carter *et al.* (2000) las inclusiones de proteína vegetal, varían entre un 25 – 33 % (Carter & Hauler, 2000).

En un sistema intensivo de producción dulceacuícola, donde los peces son cultivados en estanques de cultivo, el alimento artificial es usualmente la única fuente nutricional a la que acceden los peces, por lo tanto, la correcta formulación del alimento junto con un adecuado nivel de alimentación son aspectos de suma importancia que no se deben subestimar (Mardones & Gajardo, 2013).

Las dietas en salmónidos presentan continuamente variaciones en su composición de acuerdo a como va evolucionando la industria, con la irrupción continua de nuevas materias primas, además de las necesidades y oportunidades que presenta la industria. En la siguiente tabla se muestra una formulación típica para la alimentación de la Trucha arcoíris (Tabla 1).

Tabla 1: Composición química de la dieta para el cultivo de trucha arcoíris

Componente	Porcentaje
Materia Seca (MS)	89,9%
Proteína Cruda (N 6,25, MS)	46,7%
Grasa Cruda (MS)	11,2%
Energía (KJ g ⁻¹ MS)	20,3%
Ceniza (MS)	10,3%

Fuente: Gomes, Rema, and Kaushik (1995).

Las fallas en las dietas, usualmente atribuidas a una incorrecta formulación o a deficiencias en su manufactura, han sido a menudo resultado de un pobre manejo del cultivo debido al uso de un tamaño inadecuado de la partícula, deficiencia o exceso de alimentación o

a una deficiente frecuencia de alimentación (Dabrowski & Bardega, 1984; Uys & Hecht, 1985; Charlon & Bergot, 1986; Mardones & Gajardo, 2013).

La optimización de las tasas de crecimiento y de la eficiencia alimentaria en los peces depende del alimento, el método de alimentación, la frecuencia de alimentación, la duración de cada Período de alimentación, la cantidad de alimentos entregados y las características de las dietas (Talbot, 1993; Gélinau, Corraze, & Boujard, 1998).

Los salmónidos parecen regular el nivel de glucosa en plasma con bastante lentitud. Las dietas ricas en hidratos de carbono causan la elevación prolongada de los niveles de glucosa en plasma en la trucha arcoíris (Bergot, 1979; Walton, Cowey, Coloso, & Adron, 1986).

El aceite de pescado (AP) es una fuente de lípidos crítico en los pellets para la acuicultura, que es altamente dependientes de la pesca silvestre. Se teme por el futuro uso de AP en la acuicultura. El suministro de AP se encuentra bajo una fuerte presión de una serie de industrias, incluyendo farmacéuticas, alimentos funcionales y acuicultura; por lo tanto, disminuyendo su disponibilidad y elevando los costos. Varias oleaginosas terrestres son alternativas diferentes que se utiliza en alimentos para peces (Turchini et al., 2009).

Sin embargo, sólo una pequeña proporción de AP puede ser sustituido por estos aceites alternativos debido a su falta de ácidos grasos poliinsaturados. El reemplazo ideal debería tener una composición de ácidos grasos que es altamente digestible y también debe proporcionar altos niveles de precursor x3, los ácidos grasos para la biosíntesis de omega 3 y bajos niveles de x6 para mantener un alto x3/x con una relación de 6 que es beneficioso tanto para los peces, como para la salud humana (Torstensen *et al.*, 2005).

3.4.2. Consumo de energía en salmónidos

Los poiquiloterms, como los peces, requieren poca energía de mantenimiento (aproximadamente 40 kJ/kg día para la trucha arco iris a 15 °C) mucho menos que los homeotérmicos (aproximadamente 300 kJ/kg día; Lloyd Al., 1978). Sin embargo, al igual que en el caso de los animales terrestres, los salmónidos obtienen casi el 50% de sus necesidades energéticas a partir de la proteína de la Dieta, a pesar del uso actual de Dietas de alto contenido

energético que contienen más de 20% de grasa. Influencia enormemente las eficiencias de la utilización de la proteína y de la energía (Cho & Kaushik, 1990; Cho, 1992).

Para Cho *et al.*, la combinación más eficiente empleada es una Dieta que contenía 36% de proteína digestible y 16% de lípidos; Esto se traduce en una relación de DP:DE de aproximadamente 22 g de DP por MS DE (Cho, Slinger, & Bayley, 1982).

El costo total de energía para producir 1 kg de trucha es de aproximadamente 15 MJ/ED; pero esto va desde 10 MJ para alevines hasta 18 MJ para peces de 5 Kg (Tabla 2). A pesar de que el requerimiento de energía de mantenimiento por Kg de peso corporal es más alto para peces pequeños que para peces grandes, el costo energético de producción es mayor para peces grandes debido al alto "crecimiento y engorde". Esto puede llegar a ser mucho más significativo cuando se alimenta con Dietas de mucha energía; Por lo tanto, no se recomienda más de 45 kJ DE por g de DP (o menos de 22 g de DP MJ-1 DE) (Cho, 1992).

Tabla 2: Requerimientos diarios mínimos de energía digestible (DE) y alimento para trucha arcoíris.

Semana	Peso [g]	ED [kj]	%PC
0	1	-	-
1	1,7	1,04	6,14
2	2,5	1,45	5,17
3	3,7	1,94	4,47
4	5,2	2,50	3,96
5	7,0	3,14	3,55
6	9,2	3,85	3,23
7	11,8	4,65	2,97
8	14,9	5,53	2,75
9	18,5	6,5	2,56
10	22,6	7,55	2,40
11	27,3	8,69	2,26
12	32,6	9,92	2,14
13	38,5	11,23	2,03
14	45,1	12,64	1,93
15	52,4	14,14	1,84

Fuente: Cho (1992).

3.4.3. Crecimiento en salmónidos

Con el modelo propuesto por Iwama and Tautz, podemos estimar el crecimiento de la trucha arcoíris y otras especies, conociendo el valor de TGC (coeficiente termal de crecimiento) (Iwama & Tautz, 1981; Cho, 1992).

$$W_f = \left(W_i^{1/3} + \sum \left(\frac{TGC}{100} * T * dias \right) \right)^3$$

Donde:

W_f : peso final.

W_i : peso inicial.

T: temperatura en °C.

Cho *et al.*, plantea 3 valores de TGC para el crecimiento de la trucha arcoíris, los cuales son, A = 0,174, B = 0,153 y C = 0,203 (Figura 4) (Cho & Bureau, 1998).

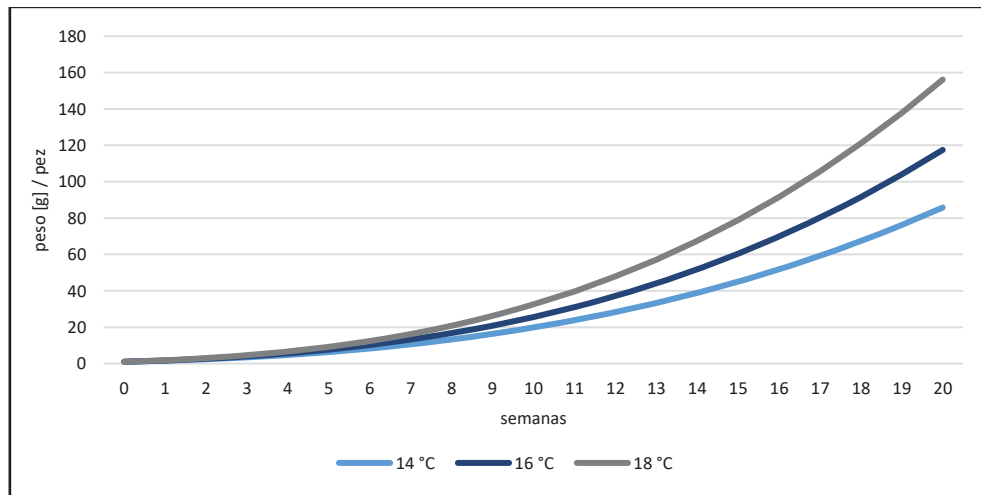


Figura 4: Crecimiento de la trucha arcoíris [g ind⁻¹] y la influencia de la temperatura [°C], con TGC = 0,174 (A), en similares condiciones de cultivo y alimentación (Iwama & Tautz, 1981; Cho & Bureau, 1998).

El aumento de los niveles de lípidos en la Dieta de un 13% a un 25% de una Dieta con 36% de proteína digestible (PD) resultó en un aumento en la retención de energía y proteínas

(Cho *et al.*, 1982). Utilizando una Dieta de 36% de PD y aumentando el nivel de lípidos del 6% a un 16%, aumentó la energía recuperada (ER) del 39% de la energía de consumo (EC) al 52%. Con una Dieta de proteínas más alta (47% PD), el aumento es de 49% a sólo el 57% de EC. Además, el consumo de oxígeno es mucho más alto para el 47% de los peces que el grupo con PD de 36%, lo que indica que la relación PD:ED no fue óptima y dio como resultado la oxidación del exceso de proteína en la Dieta (Cho *et al.*, 1982; Cho, 1992).

Austreng *et al.* (1987), informaron valores medidos de la tasa de crecimiento para el salmón atlántico cultivado y la trucha arco iris en jaulas de agua dulce y de mar. Estas tasas de crecimiento se recomendaron como guías de alimentación con una conversión alimenticia aproximadamente de 1,0 (Austreng, Storebakken, & Åsgård, 1987; Cho, 1992).

3.5. Camelina

Conocida por nombres comunes como, falso lino y oro de placer, la *Camelina sativa* es una planta oleaginosa de la familia *Brassicaceae*, nativa de Asia Central y el mediterráneo, posee gran potencial como un ingrediente de alimentación para animales (Waraich *et al.*, 2013) (Figura 5).



Figura 5: *Camelina Sativa*.

El cultivo de la camelina se remonta al año 600 a.C. y su principal uso fue para la iluminación, mediante la combustión de su aceite en lámparas. Durante los últimos 10 años ha reaparecido su producción por su gran potencial gracias a su alto nivel de ácidos grasos omega

3, contenido proteico y uso como biocombustible, ideal para ser cultivado en climas semiáridos, a pesar de que aún no es cuantificado por la FAO en sus volúmenes globales de producción. En la actualidad la camelina se cultiva en distintos países como España, Alemania, Polonia, Rusia, Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, Argentina y Chile, entre otros. Históricamente, la camelina se ha cultivado como fuente de alimento humano y alimento para animales (Francis & Warwick, 2009).

En cuanto a las ventajas del cultivo de camelina, posee una gran resistencia al frío y a la sequía, su ciclo de cultivo es corto, posee requerimientos tecnológicos convencionales, bajo costo de producción acompañado de una fertilización moderada y una elevada reducción neta de emisiones de GEI (Camelina-Company, 2002).

3.5.1. Distribución geográfica de la camelina

La camelina probablemente se originó en el sudeste de Europa y el suroeste de Asia (Francis & Warwick, 2009), aunque la región exacta sigue siendo incierta. La evidencia arqueológica sugiere que el cultivo de camelina comenzó en el Neolítico en el sudeste de Europa, durante la “edad de hierro” y era un cultivo importante en la mayor parte de Europa (Knörzer, 1978). El cultivo disminuyó durante la “edad media” (Knörzer, 1978), pero todavía se informa hasta mediados del siglo XX (Zubr, 1997).

La Camelina probablemente se introdujo en América del Norte como contaminante en semillas de lino u otros cultivos (Putnam, Budin, Field, & Breene, 1993; Francis & Warwick, 2009). Se ha considerado periódicamente como un cultivo potencial en América del Norte (Porcher, 1863; Plessers, McGregor, Carson, & Nakoneshny, 1962; Downey, 1971; Robinson, 1987), pero aunque el cultivo en pequeña escala ha estado en curso durante algún tiempo, el cultivo comercial significativo comenzó solo a finales de los 90.

En Sudamérica, la *Camelina sativa* ha sido reportada como naturalizada en Argentina, Chile, México y Uruguay (Villaseñor & J Espinosa-Garcia, 2004; Francis & Warwick, 2009).

3.5.2. Hábitat de la camelina

La *Camelina sativa* se puede encontrar creciendo en praderas naturales, campos de cereales, lino y alfalfa, bosques abiertos, orilla del lago, bordes de caminos, ferrocarriles y lugares de desechos (Scoggan, 1978; Warwick, Francis, & Mulligan, 1999; Mulligan, 2002). Crece mejor en zonas climáticas frías y semiáridas en estepas o praderas (Francis & Warwick, 2009). Puede crecer en la mayoría de los tipos de suelo (Porcher, 1863; Anderson & Olsson, 1950; Gugel & Falk, 2006).

La camelina puede tolerar las condiciones de sequía (Zubr, 1997; Gugel & Falk, 2006; Francis & Warwick, 2009), aunque las sequías severas, particularmente durante etapas de crecimiento sensibles como la floración pueden tener un impacto negativo (Vollmann, Damboeck, Eckl, Schrems, & Ruckenbauer, 1996). Además, muestra cierta tolerancia al frío, ya que es capaz de germinar a bajas temperaturas y las plántulas son capaces de tolerar las heladas (Plessers et al., 1962; Robinson, 1987; Putnam et al., 1993), aunque esto no ha sido completamente caracterizada. Para algunas variedades, se ha observado que las plántulas sobreviven a temperaturas tan bajas como -11 °C sin daño (Plessers et al., 1962).

3.5.3. Cultivo de la camelina

Para el cultivo de la camelina, generalmente se siembra en la primavera (Gugel & Falk, 2006; Urbaniak, Caldwell, Zheljazkov, Lada, & Luan, 2008a). También se está investigando la siembra de invierno (Robinson, 1987; Putnam et al., 1993), además se ha observado que los equipos de siembra y cosecha utilizados para los cultivos como canola y mostaza resultan compatibles (Gugel & Falk, 2006).

La tasa de siembra recomendada varía de 3 a 7 [kg/ha] (aproximadamente 250 a 600 semillas/m²), con el objetivo de producir una densidad de cultivo en el rango de 125 a 200 plantas/m² (Zubr, 1997; Mcvay & Lamb, 2007; Johnson et al., 2008; Urbaniak, Caldwell, Zheljazkov, Lada, & Luan, 2008b; Johnson, 2011). Mayores tasas de siembra pueden aumentar la competitividad del cultivo y disminuir el tiempo hasta la madurez (Johnson et al., 2008; Johnson, 2011). Además, es un cultivo de estación corta que madura entre 85 y 100 días (Putnam et al., 1993; Gugel & Falk, 2006). Se ha observado que la tasa de aparición de camelina varía

entre 12% y 70%, con un promedio de aproximadamente 40%, que es comparable a la canola (Thomas, 2003; Johnson et al., 2008; Urbaniak et al., 2008a, 2008b; Johnson, 2011). Al igual que con otras brassicáceas, generalmente se recomienda que la camelina no crezca en un campo más de una vez cada tres o cuatro años (Mcvay & Lamb, 2007). En las regiones semiáridas de cultivo de trigo de las Grandes Llanuras, la camelina podría reemplazar los periodos de terrenos en rotaciones típicas de pequeños granos (Lafferty, Rife, & Foster, 2009).

3.5.4. Usos para la camelina

Antiguamente, el aceite de camelina se ha utilizado como combustible para lámparas, así como en diversas aplicaciones industriales y sus tallos por ser ricos en fibra (Porcher, 1863; Sturtevant, 1919; Francis & Warwick, 2009).

Con el desarrollo de los combustibles alternativos, el aceite de camelina se utiliza como materia prima para la producción de biocombustible (Mcvay & Lamb, 2007; El Bassam, 2010). El mercado primario para el biocombustible incluye la industria de aerolíneas comerciales, así como también la militar. Se han propuesto otros usos industriales del aceite de camelina, incluido el uso en pinturas, tintas, jabones, barnices, lubricantes, cosméticos y como aditivo plástico (Bonjean & Le Goffic, 1999; Mcvay & Lamb, 2007; Pilgeram, 2007; El Bassam, 2010).

Debido a los altos niveles de ácidos grasos esenciales, particularmente el ácido α -linolénico de ácidos grasos omega-3, el aceite de camelina también se ha investigado como ingrediente alimentario (Eidhin, Burke, & O'beirne, 2003; Zubr, 2003; Abramovic & Abram, 2005; Eidhin & O'beirne, 2010). En 2010, "Health Canada" aprobó el uso de aceite de camelina sin refinar prensado en frío como ingrediente alimentario en Canadá. En algunos países del este de Europa, el aceite de camelina se utiliza en medicina popular para el tratamiento de quemaduras, heridas, inflamaciones oculares, así como para curar úlceras estomacales y como tónico (Rode, 2002).

Varios estudios han demostrado la aplicabilidad del uso de harina de camelina como componente de alimento para pollos de engorde y ponedoras, carne de vacuno, leche y peces como el salmón, con el beneficio adicional de aumentar el contenido de omega-3 de la carne, huevos y productos lácteos resultantes (Mcvay & Lamb, 2007; Peiretti & Meineri, 2007;

Pilgeram, 2007; Aziza, Quezada, & Cherian, 2010; Bell et al., 2010). En EE. UU., los alimentos a base de camelina están aprobados por la “Administración de Alimentos y Medicamentos de EE. UU.”. Incluso, para su uso en dietas de ganado alimentado en confinamiento para sacrificio, pollos de engorde y gallinas ponedoras a una tasa de inclusión de no más del 10% de la Dieta. En Canadá, la harina de camelina prensada en frío, sin solvente, es aprobada por la “División de Alimentación Animal de la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos” para su uso en dietas de pollos de engorde en una cantidad que no exceda el 12% de la Dieta total, y recientemente ha sido aprobado para su uso en las Dietas de las gallinas ponedoras en una cantidad que no exceda el 10% de la Dieta total. Además, el aceite de camelina extraída mecánicamente ha sido aprobada recientemente para su uso en alimentos para peces salmónidos juveniles en una cantidad que no exceda el 13% de la Dieta total (Francis & Warwick, 2009).

3.5.5. Contenido proteico de la camelina

El harina de camelina (HC) es también considerado como un reemplazo de harina de pescado, a causa de su nivel de proteína (45%), la disponibilidad de algunos aminoácidos esenciales y su la disponibilidad después de la extracción de aceite y aún no ha sido probado en las dietas para el salmón (Morais et al., 2012; Hixson, Parrish, & Anderson, 2013).

El contenido de proteína cruda en la camelina oscila entre el 39,1% - 45,7% MS. El contenido medio de proteína bruta es de 42,5 % MS. Esto es mayor que en las otras semillas oleaginosas comparadas (Tabla 3) (Zubr, 2003).

Tabla 3: Contenido de aceite y proteína cruda en distintas semillas oleaginosas en % MS⁻¹.

Compuesto	Camelina	Canola	Soya	Lino
Aceite	43,4 %	45,4 %	20,5 %	44,4 %
Proteína Cruda	42,5 %	40,1 %	41,5 %	33,9 %

Fuente: Fuglsang, Kristensen, and Elbek-Pedersen (1987); Oomah and Kenaschuk (1995); Zubr (2003).

El valor nutricional de la proteína se determina generalmente por el perfil de los aminoácidos (AA). Particularmente importantes son los AA limitantes. La proteína de la semilla de camelina consta de al menos 18 AA, de los cuales 8-9 son esenciales (Zubr, 2003), además el perfil de aminoácidos ya ha sido estudiado (Tabla 4).

Tabla 4: Contenido de aminoácidos en distintas semillas oleaginosas en % PC⁻¹.

Aminoácidos	Símbolo	Camelina	Canola	Soya	Lino
Alanina	ALA	4,61	4,0	4,8	5,5
Arginina	ARG	8,15	6,7	7,5	11,1
Ácido Aspártico	ASP	8,71	6,6	12,7	12,4
Cistina	CYS	2,12	3,0	1,3	4,3
Ácido Glutámico	GLU	16,4	18,1	19,0	26,4
Glicina	GLY	5,44	4,7	4,5	7,1
Histidina	HIS	2,6	3,1	3,2	3,1
Isoleucina	ILE	3,96	4,1	3,1	5,0
Leucina	LEU	6,63	6,3	7,3	7,1
Lisina	LYS	4,95	6,5	6,1	4,3
Metionina	MET	1,72	1,7	1,3	2,5
Fenilalanina	PHE	4,19	3,5	5,0	5,3
Prolina	PRO	5,09	6,0	6,0	5,5
Serina	SER	5,04	4,0	5,6	5,9
Threonina	THR	4,25	4,5	4,2	5,1
Triptófano	TRY	1,15	-	1,3	1,7
Tirosina	TYR	3,04	2,4	3,9	3,1
Valina	VAL	5,42	6,0	3,2	5,6

Fuente: Klepacka, Nitecka, and Buraczewska (1985); Serretti, Schapaugh, and Leffel (1994); Bhatti (1995); Zubr (2003).

La arginina (8,15 %) predomina entre los AA esenciales en la semilla de camelina. La leucina está presente a 6,63 %. Otros AA esenciales con un contenido superior al 5,0% son glicina, prolina y valina. El contenido de la lisina frecuentemente deficiente es de 4,95 %. El contenido de metionina es de 1,72 %, mientras que el contenido de cistina (sustituyendo metionina) es de 2,12 %. Entre los AA no esenciales, el ácido glutámico es predominante (16.4%) (Zubr, 2003).

3.5.6. Contenido lipídico de la camelina

El aceite de Camelina es altamente insaturado. El contenido de grasas poliinsaturadas ácidos grasos, tales como el ácido linoleico (18:2 n-6) es de aproximadamente 15%, y el contenido de ácido α -linolénico (18:3 n-3) aproximadamente 38% (Zubr, 1997; Zubr, 2003), el perfil de aminoácidos también se encuentra desarrollado (Tabla 5).

Tabla 5: Contenido de ácidos grasos en distintas semillas oleaginosas en % AG⁻¹.

Nombre	Estructura	Camelina	Canola	Soya	Lino
Mirístico	14:0	0,20	0,1	0,2	-
Palmico	16:0	5,33	4,2	10,7	7,1
Palmitoleico	16:1 Ω -7	0,1	0,2	0,3	-
Estearico	18:0	2,65	1,6	3,9	2,2
Oleico	18:1 Ω -9	13,4	59,6	22,8	21,5
Octadecenoico	18:1 Ω -7	0,53	-	-	-
Linoleico	18:2 Ω -6	14,8	20,6	50,8	13,8
A-Linolénico	18:3 Ω -3	37,8	11,0	6,8	55,1
Linolenelaidico	18:3 Ω -3 Trans	0,35	0,1	-	traza
Arachidico	20:0	1,25	0,5	0,2	-
Gondoico	20:1 Ω -9	15,4	1,3	-	-
Eicosadienoico	20:2 Ω -6	2,02	0,1	-	-
Eicosatrienoico	20:3 Ω -9	1,84	-	-	-
Behenico	22:0	0,3	0,3	-	-
Erucico	22:1 Ω -9	2,76	0,1	-	-
Docosadienoico	22:2	0,17	0,2	-	-
Lignocerico	24:0	0,2	0,1	-	-
Selacholeico	24:1 Ω -9	0,64	0,2	-	-
Otros	C:X	0,26	-	4,3	0,3

Fuente: Sheppard, Iverson, and Weihrauch (1978); Chen, Ratnayake, and Cunnane (1994); Zubr (2003).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Diseño experimental

La Evaluación de la inclusión de harina de camelina (*Camelina sativa*) como sustituto proteico, para la alimentación de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), consiste en un estudio “No Experimental, Longitudinal, de Evolución”. Su tipo corresponde a uno “Correlacional - Explicativo”; ya que busca determinar la relación entre las distintas variables controladas, y las que influyen en el estado de desarrollo de los peces; y responder a cuáles son las razones de dichos resultados, identificando las variables, cuales son y en qué proporción afectan o no, el desarrollo de los peces mediante las distintas dietas. Consta de un enfoque “Cuantitativo”, ya que consiste en la recopilación de datos y aplicación de métodos estadísticos a estos, para demostrar peso o efecto que tienen las dietas administradas. Inserta en un contexto “Experimental de Laboratorio”, ya que se lleva a cabo dentro de un medio controlado.

4.2. Condiciones experimentales

La experiencia fue realizada en el área de bioensayo del “Laboratorio Experimental de Acuicultura” (LEDA), de la Escuela de Ciencias del Mar, correspondiente a la Facultad de Recursos Naturales y Geografía, de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Los ensayos se llevaron a cabo utilizando 8 estanques circulares de fibra de 250 litros de volumen útil (Figura 6 y 7), todos conectados a un sistema de recirculación, que contaba con: acopio, biofiltro, decantador, bombas y filtros de arena. Se utilizó agua potable tratada con tiosulfato de sodio para eliminar el cloro, con una tasa de recambio de 1,2 veces por hora aproximadamente, con un caudal (5 L minuto^{-1}) continuo para cada estanque dentro de un sistema cerrado de recirculación.

La distribución de las dietas y grupos de peces consistió, de la Dieta 4 o de control en la primera columna de la línea izquierda, para dejar a las Dietas 1, 2 y 3 a la derecha, con el correspondiente al Grupo A en la parte superior, y por tanto, al B en la parte inferior (Figura 8).



Figura 6: Vista general, estanques.



Figura 7: Vista general de un estanque.

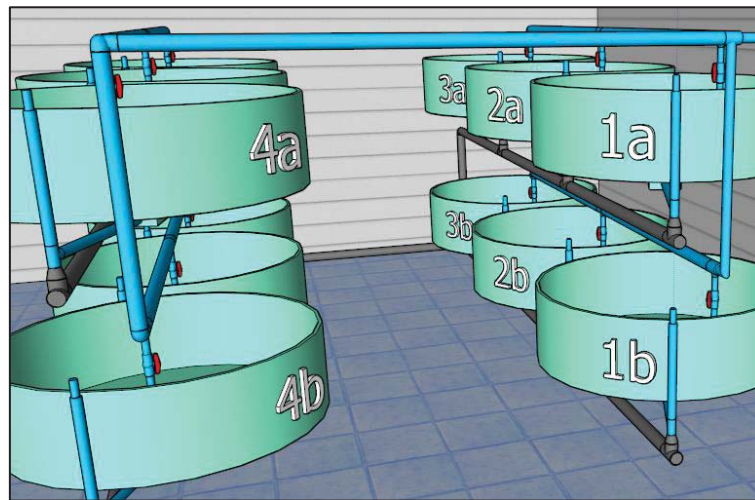


Figura 8: Distribución de Dietas y grupos de peces en el laboratorio.

4.2.1. Temperatura

Debido a que la experiencia se inició a comienzos de abril la temperatura fue descendiendo levemente, desde los 17,9 °C, hasta los 15,1 °C en el último muestreo de la experiencia, lo cual representó una temperatura promedio de 16,2 °C. En cuanto a las unidades térmicas acumuladas (UTA) estas llegaron a ser de 567 al final del ensayo (Figura 9).

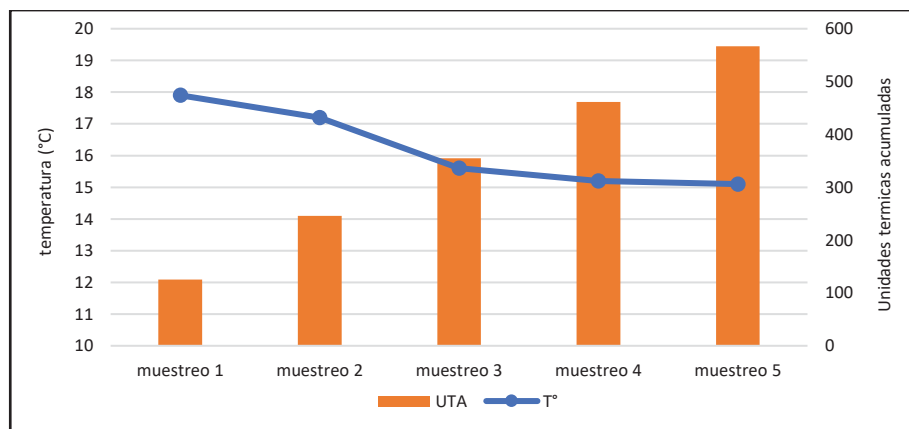


Figura 9: Temperatura y unidades térmicas acumuladas (UTA) al momento de cada muestreo.

4.3. Obtención de los peces

Las truchas arcoíris fueron aportadas por la piscicultura “Río Blanco” ubicada en el sector de Saladillo, provincia de Los Andes, V Región, perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y a la empresa minera CODELCO. Se trabajó con una cantidad de 800 peces, con un peso promedio inicial de 10 [g] por individuo.

4.4. Dietas experimentales

4.4.1. Ingredientes de las dietas

La Camelina (*Camelina sativa*), fue cultivada y cosechada por la empresa “Camelina Company España”, el cual, es el productor de referencia en Europa de este producto. Las semillas pasaron por un proceso de molturado por medio de molinos, permitiendo obtener la harina de camelina (HC). El alimento comercial (AC) utilizado fue Ewos Micro 200 CP, el cual fue facilitado por la piscicultura, Río Blanco.

4.4.2. Formulación de las dietas

La composición de las distintas dietas compuestas de HC y AC, fueron formuladas con propiedades isoproteicas. El porcentaje de inclusión de harina de Camelina se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Composición de las Dietas.

	Alimento comercial (AC)	Camelina (HC)
Dieta 1	90%	10%
Dieta 2	70%	30%
Dieta 3	50%	50%
Control	100%	0%

Para cumplir la característica de Dietas isoproteicas, se disminuyó fraccionalmente la cantidad de alimento, aportado para la Dieta de control un 93,91% y en la Dieta 1 un 96,52%, y aumentada en la Dieta 2 a un 102,21% y en la Dieta 3 un 108,61% para así obtener una cantidad de proteína digestible en todas las dietas de casi un 40% (Figura 10).

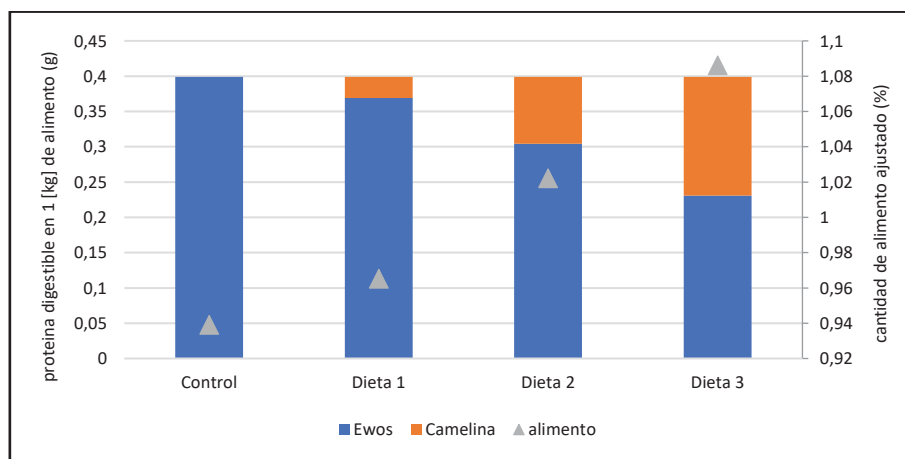


Figura 10: Composición de proteína digestible en 1 [kg] de alimento y cantidad de alimento suministrada, al aplicar el ajuste.

El AC posee una cantidad de proteína digestible de 45% y energía de 8,35 [kJ kg⁻¹], mientras que la HC el contenido de proteína digestible es de 31% y energía de 4,09 [kJ kg⁻¹]. La formulación de las dietas, con el factor de ajuste aplicado, entrega una cantidad de proteína digestible de 41,85% igual para todas las dietas, con una cantidad de energía de 7,77 [kJ kg⁻¹], 7,61 [kJ kg⁻¹], 7,26 [kJ kg⁻¹] y 6,86 [kJ kg⁻¹], para la Dieta control, Dieta 1, Dieta 2 y Dieta 3 respectivamente (Tabla 7).

Tabla 7: Contenido de materias primas y las dietas experimentales de proteína, proteína digestible, grasa, azúcares totales, humedad, almidón, fibra bruta, ceniza (% MS⁻¹) y energía (kJ kg⁻¹).

	AC	HC	Control	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
AC	100%	-	100%	90%	70%	50%
HC	-	100%	-	10%	30%	50%
Proteína Total	45,0%	37,3%	41,9%	42,5%	43,8%	45,3%
Proteína Digestible	45,0%	31,0%	41,9%	41,9%	41,9%	41,9%
Lípidos	23,0%	4,0%	21,4%	20,3%	17,7%	14,9%
Azúcares totales	-	7,9%	-	0,8%	2,4%	4,4%
Humedad	11,0%	10,0%	10,2%	10,5%	11,0%	11,6%
Almidón	-	3,6%	-	0,3%	1,1%	2,0%
Fibra bruta	3,0%	13,0%	2,8%	3,8%	6,2%	8,8%
Cenizas	11,0%	5,9%	10,2%	10,1%	9,7%	9,3%
Energía	8,35	4,09	7,77	7,61	7,26	6,86

Fuente: Camelina Company (2015); Ewos (2015).

4.4.3. Preparación de las dietas

Para llevar a cabo las mezclas, primero el AC era molido, por medio del uso de una moladora marca “Moulinette”, modelo “1,2,3” hasta obtener partículas de un tamaño menor a 1 mm (Figura 11). Luego se utilizó una pesa analítica, para obtener los g necesarios de HC y AC. Se utilizó una mezcladora marca “Kitchenaid”, modelo “Heavy Duty” (Figura 12), en la cual primero se disponían los g necesarios de AC, luego los g de HC y se mezclaba durante 5 minutos. Cumplido este tiempo se añadía agua destilada con una proporcionalidad (mezcla de alimento:agua) de 1:1 para la Dieta control, 1:1,1 para la Dieta 1; 1:1,2 para la Dieta 2; 1:1,3 para la Dieta 3. Una vez añadida el agua, se enciende nuevamente la mezcladora durante otros 5 minutos, con lo que se obtiene una masa homogénea, esto debido a que el HC por sus propiedades, presenta niveles de humedad menores que el AC.



Figura 11: Moledora “Moulinette”, modelo “1,2,3” e implementos para el molido de AC.



Figura 12: Mezcladora Kitchenaid modelo “Heavy Duty”.

Cada mezcla luego era dispuesta en planchas metálicas, donde eran moldeadas, hasta formar una capa de 2,5 mm de espesor (Figura 13). Luego mediante una herramienta con rodillos cortantes, se daba forma a la masa, produciendo un corte cuadrangular, tipo malla, con una separación de 2,5 x 2,5 mm de ancho y largo respectivamente. La masa resultante a este proceso era dispuesta en una estufa “Memmert”, modelo “Um-200” (Figura 14), aplicando calor seco a 55 °C durante un tiempo de 21 horas (Uys & Hecht, 1985). Una vez transcurrido este proceso se dejaba enfriar durante 1 hora, para posteriormente utilizando una espátula plástica, se separaban los pellets de la plancha (Figura 15). Cada una de las dietas era depositada en un envase individual, seco y lejos de la luz. En el diagrama (Figura 16) se muestran el procedimiento de elaboración de las dietas.



Figura 13: Alimento post mezclado.



Figura 14: Bandejas de alimento dispuestos en la estufa "Memmert", modelo "Um-200".



Figura 15: Alimento post horneado en proceso de enfriado

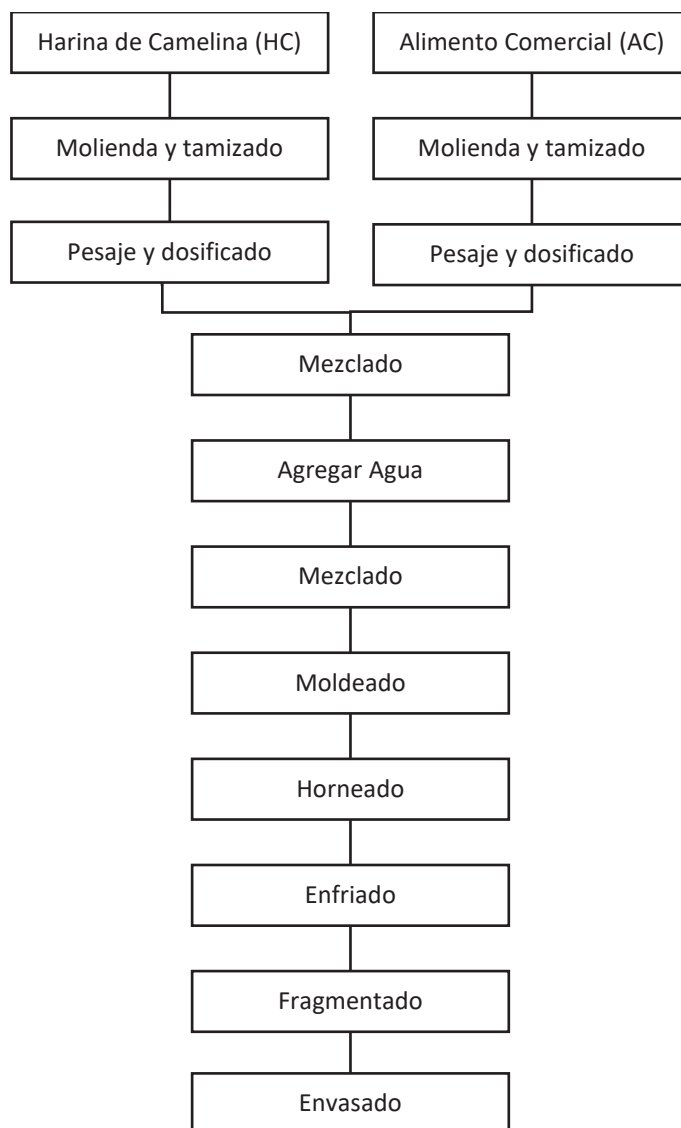


Figura 16: Plano esquemático para la preparación de las Dietas.

4.5. Régimen de alimentación

La alimentación de los peces se efectuó a diario, cuya dosis se calculaba mediante el %PC obtenido por tabla, según la temperatura del agua y el peso de los peces, el cual durante la experiencia fue de 3,3. La dosis se pesaba diariamente en base a la biomasa presente en cada estanque, al ajuste de alimento y el %PC (Anexo; Tabla 9).

$$Alimento = W \times \%PC \times FA_d$$

Donde:

W: biomasa total de peces en el estanque

%PC: porcentaje peso cuerpo

FA: factor de ajuste, para cada Dieta isoproteica.

4.6. Muestreos

Cada un periodo de 2 semanas, se recolectaron 25 peces por estanque con el uso de una quecha, siendo llevados en balde hasta el mesón principal de la sala, para medir peso, mediante una pesa con capacidad para un rango de 0,1 [g] a 2 [kg], y la medición de longitud con el uso de una regla milimetrada. En el proceso se utilizó benzocaína para adormecerlos, específicamente 3 ml disueltos en un estanque de 20 [l], posterior a la medición eran dispuestos en un estanque transitorio de recuperación, el cual posee sistema de aireación con un difusor. En la ocasión se aprovechaba de efectuar aseo en los estanques, efectuando escobillado en paredes, rejilla y salida de agua, para remover los excesos de materia orgánica acumulada. Por último, los peces eran devueltos a sus unidades experimentales.

4.7. Índices de crecimiento

4.7.1. Tasa de crecimiento específica (SGR)

La tasa específica de crecimiento (SGR) se calculó mediante la fórmula propuesta por Corey *et al.* 1983 y representa el incremento de longitud teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre dos ediciones consecutivas (Brett & Groves, 1979; Cho, 1992):

$$SGR \left(\frac{\%}{dia} \right) = \frac{\ln(W_f) - \ln(W_i)}{\Delta t} \times 100$$

Donde:

Wf: peso final del pez.

Wi: peso inicial del pez.

Δt: periodo de tiempo para obtener Wf desde Wi.

Mediante el cálculo del “coeficiente termal de crecimiento” (TGC) se puede estimar el potencial de crecimiento de los peces en relación a su Dieta, talla y temperatura (Iwama & Tautz, 1981; Cho, 1992).

$$TGC = \frac{(W_1^{0,333} - W_0^{0,333})}{(\sum temperatura (^{\circ}C) diaria) \times t}$$

Donde:

W₀: peso inicial [g].

W₁: peso final [g].

t: tiempo (días) desde W₀ a W₁.

A pesar que el cálculo de %PC por muchas empresas se encuentra estandarizado y es obtenido mediante el uso de tablas, el cálculo de esta, se obtiene mediante el coeficiente termal de crecimiento, pesó, temperatura y tiempo (Corey, Leith, & English, 1983; Austreng *et al.*, 1987; Cho, 1992).

$$\%PC(W_1) = \frac{W_0^{0,333} + (TGC \times (\sum temperatura (^{\circ}C) diaria) \times t)}{100}$$

Donde:

W₀: peso inicial [g].

W₁: peso final [g].

t: tiempo (días) desde W₀ a W₁.

4.7.2. Factor de condición (K)

Thompson, propuso la fórmula de factor de condición (Thompson, 1917), para ilustrar como disminuía la relación entre el peso del pez, y su longitud, posteriormente a su ciclo de madurez sexual, actualmente esta es ampliamente abordada para, definir la condición general de los peces, en todos sus estadios.

$$K = \frac{W}{L^3} \times 100$$

Donde:

K: factor de condición.

W: peso promedio pez [g].

L: largo pez [cm].

4.7.3. Factor de conversión (FCR)

El Factor de Conversión es el índice más evaluado en cultivo de peces, ya que es el que tiene directa relación con el factor de costo más importante que es el alimento, en general este es un indicador que depende en gran medida de la Dieta que se está utilizando.

El primer modelo de FCR lo creo Haskell, para la determinación de la tasa de alimentación para truchas (Haskell, 1959).

$$FCR = \frac{Ali\ C}{B_f - B_i} \times 100$$

Ali C: alimento consumido [Kg].

B_i: biomasa inicial [Kg].

B_f: biomasa final [Kg].

4.8. Diagrama metodológico

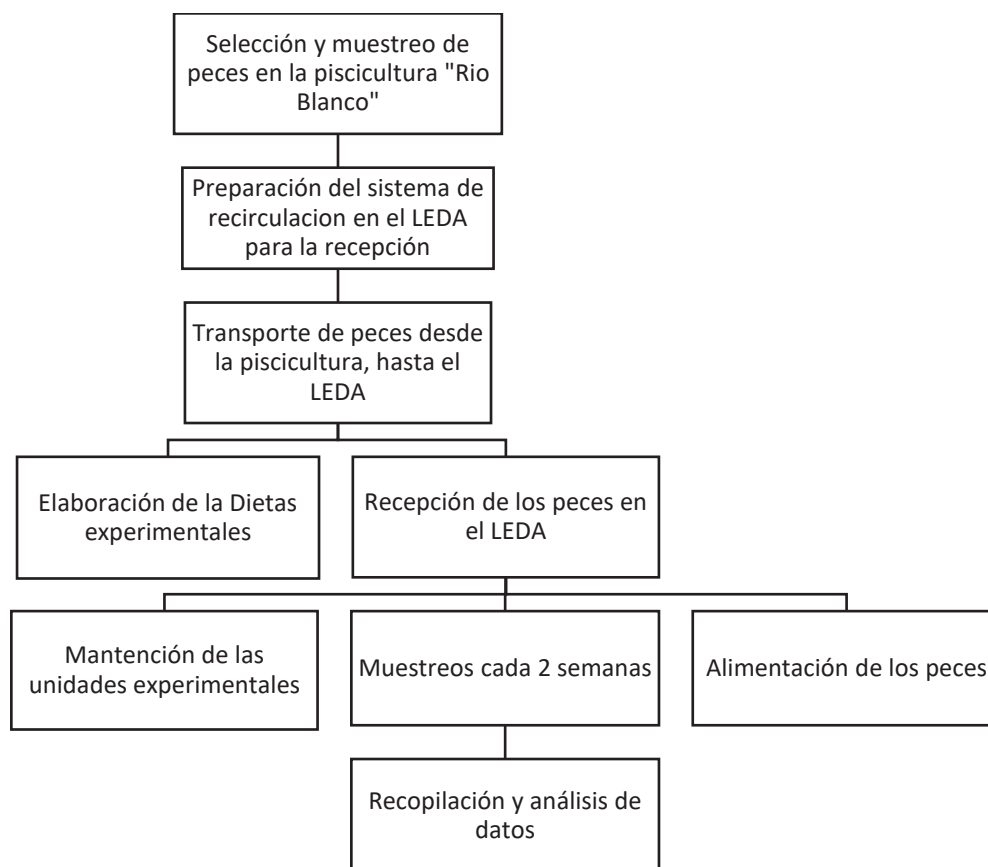


Figura 17: Diagrama metodológico del proceso de investigación.

4.9. Análisis estadístico

El análisis estadístico descriptivo e inferencial, se desarrollará utilizando el Programa Microsoft Office, Excel 2016 mediante su menú de funciones estadísticas, Herramientas de Análisis de Datos y Planillas Dinámicas. Por otra parte, se empleó el software estadístico IBM SPSS Statistics versión 23, con el cual se realizó el análisis mediante el estadístico de Levene para probar la homogeneidad de varianza, previo a cualquier otro análisis. Cuando se observó heterogeneidad de varianzas se adoptó el Test de rango múltiple Tukey para realizar las comparaciones de significancia entre dietas, con un p valor $>0,05$ el cual indica que no existen diferencias estadísticamente significativas.

5. RESULTADOS

5.1. Incremento en peso

Las curvas correspondientes al peso, presentaron un crecimiento principalmente lineal, en donde la Dieta 2 mostro los mejores resultados, con un peso final de 30,37 [g], y luego la Dieta 1, muy similar respecto de la Dieta Control con un peso de 26,90 [g]. Por otra parte, la Dieta 3, registró los valores más bajos (Tabla 8).

Tabla 8: Incremento en peso de las distintas Dietas en cada muestreo, variación de peso, porcentaje de incremento en peso y variación de porcentaje de peso respecto al grupo de control.

	Peso [g]					Δ peso [g]	%	Δ %
	m1	m2	m3	m4	m5			
Dieta Control	11,25	17,06	19,86	22,61	25,78	14,5	229,1	-
Dieta 1	10,51	16,21	20,26	23,40	26,90	16,4	256,0	26,8
Dieta 2	11,78	15,92	19,81	25,07	30,37	18,6	257,9	28,7
Dieta 3	11,15	12,87	13,88	17,84	23,26	12,1	208,7	-20,5

La Dieta Control, comenzó en un peso promedio de 11,25 [g] y terminando en un peso promedio de 25,78 [g] en el último muestreo, lo cual representa un crecimiento promedio de 14,53 [g], aumentando su biomasa en más de un 229%.

La Dieta 1 presentó un peso inicial promedio de 10,51 [g] y finalizado en un peso promedio de 26,9 [g], lo cual representa un crecimiento promedio de 16,4 [g], representando un aumento de la biomasa de 256%, un 26,8% superior a la Dieta de control.

La Dieta 2, inicialmente con un peso promedio de 11,78 [g] y finalizando en un peso promedio de 30,37 [g], que representa 18,6 [g] de crecimiento promedio, un incremento en la biomasa de casi 258%, lo cual es un 28,7% mayor al mismo dato para la Dieta de control.

Por último, en la Dieta 3, el peso inicial fue de 11,15 [g] y un peso promedio final de 23,26 [g], lo cual implica un crecimiento promedio en el peso de 12,1 [g], lo cual representa un incremento 208,7%, un 20% menor en comparación a la Dieta de control (Figura 18).

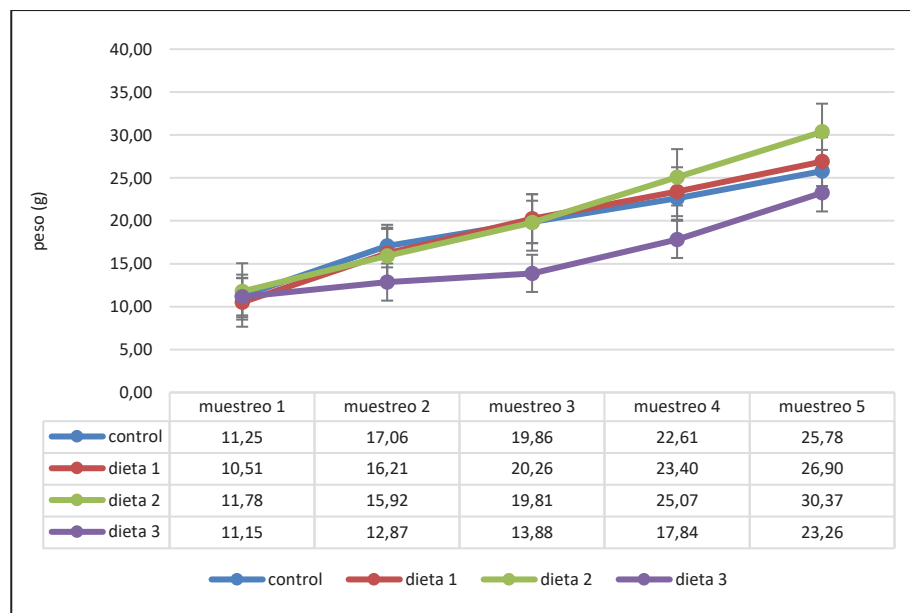


Figura 18: Incremento en peso de las distintas dietas y sus desviaciones estándar.

5.2. Factor de condición (K)

Los factores de condición obtenidos en cada grupo de peces se pudieron observar, que no se observaron grandes diferencias entre ellos. Se puede mencionar que el Factor de Condición de los peces obtenido con de la Dieta 3 se sitúa ligeramente por sobre las demás, con un valor de hasta 1,03 (Figura 19).

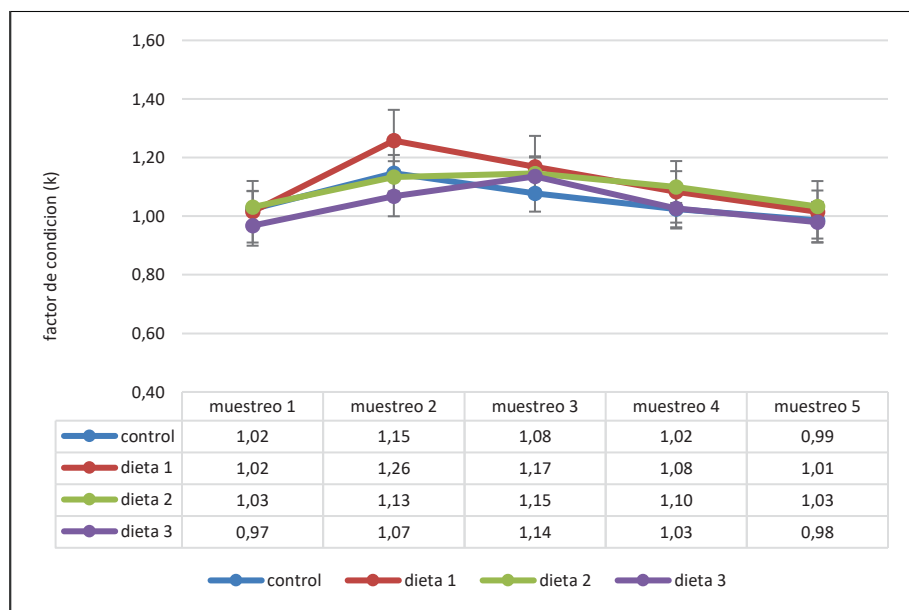


Figura 19: Factor de condición de las Dietas al momento de cada muestreo.

5.3. Tasa de crecimiento (SGR)

La Dieta Control presentó una tasa de crecimiento con la curva esperada, iniciando en 2,97, para finalizar el ciclo con un valor de 0,94. En la Dieta 1, la tasa de crecimiento presentó niveles generalmente mayores, al de la Dieta de control, partiendo en un valor de 3,09, para culminar al momento del último muestreo en 1,00. La Dieta 2, marcó un comportamiento distinto a las 2 anteriores, siendo menor al inicio con un valor de 2,14, y presentando cierta constancia finalizando en 1,37, con un promedio de 1,69, lo cual representa el promedio más alto en esta variable. Por último, la Dieta 3 presentó los resultados más deficientes, con valores iniciales de 1,00, los cuales están muy por debajo de lo esperado, culminado con un pequeño repunte, al avanzar la experiencia, finalizando en 1,91 (Figura 20).

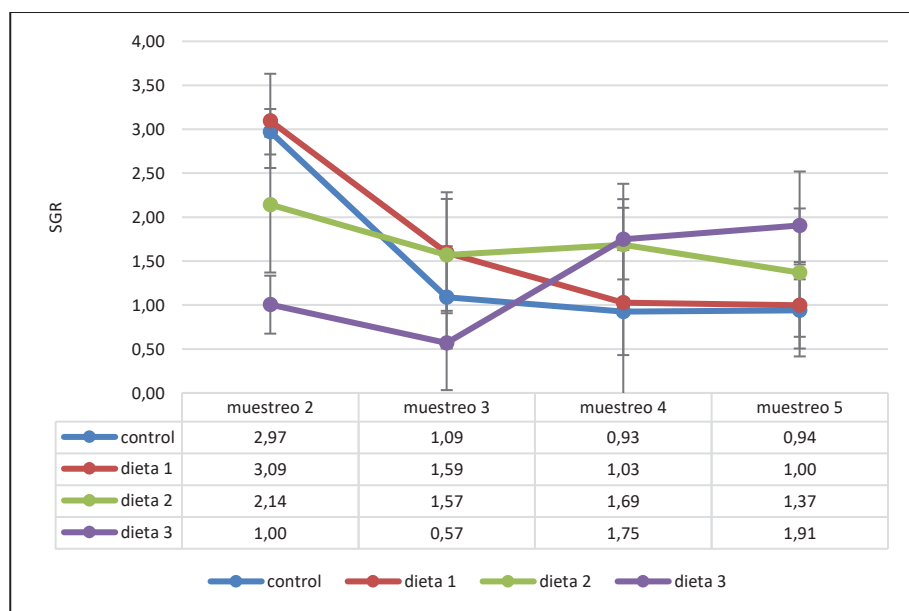


Figura 20: Tasa de crecimiento específica (SGR) para las distintas Dietas, al momento de cada muestreo.

5.4. Factor de conversión (FCR)

En la Dieta de control, el factor de conversión presentó los valores más altos, con un 0,44 en un comienzo, presentando un incremento con una curva cuya pendiente tiende a cero después del tercer muestreo, con un valor de 1,21 al último muestreo. En la Dieta 1, el factor de conversión inicial fue de 0,43 con un ascenso sostenido hasta el cuarto muestreo, finalizando en 1,14. En la Dieta 2, presentó una curva oscilante con valores que se podrían categorizar como irregulares pero sostenidos, finalizando en un valor de 0,85. Finalmente, en cuanto a la Dieta 3, se observaron valores muy bajos al comienzo, remontando en el muestreo 4 con un valor de 1,00, para finalizar la experiencia en 0,64 (Figura 21).

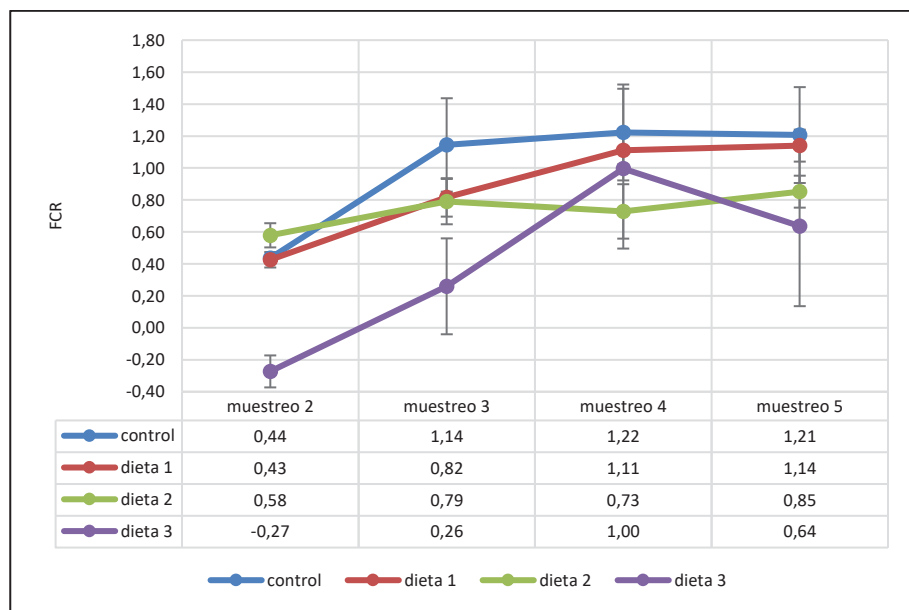


Figura 21: Factor de conversión (FCR) para las distintas Dietas, al momento de cada muestreo.

5.5. Mortalidad

Las mortalidades se cuantificaron de la siguiente forma, siendo 0 en una perspectiva de la moda y sin superar el 2% en general, exceptuando los peces correspondiente a la Dieta 3, en especial al momento del muestreo 2 y 3; en donde la mortalidad fue de 10 peces en el estanque 3B correspondiente a un 12,5%, y 16 en el estanque 3A que corresponde a un 25,8%, respectivamente (Figura 22).

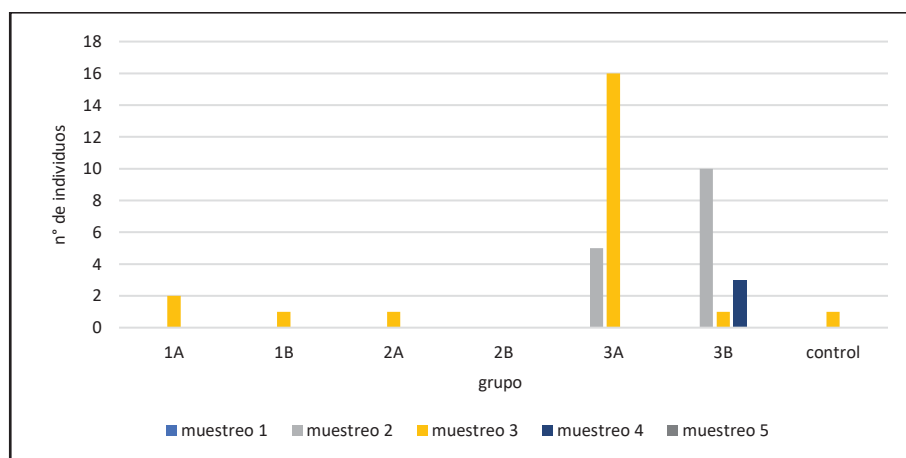


Figura 22: Mortalidad de los grupos en el tiempo.

5.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico aplicado, consistió en un análisis no paramétrico, manteniendo un intervalo de confianza de 95% ($p < 0,05$), mediante la aplicación de la prueba “Kolomogorov-Smirnov” de una muestra, en donde el nivel de significancia mostrado por las Dietas1, Dieta 2 y de control, fueron superiores a 0,05. En cuanto a la Dieta 3, mostraron un nivel de significancia menor a 0,05, por debajo del estadístico evaluado, por lo que en la Dieta 3 se rechaza la hipótesis nula.

6. DISCUSIÓN

La evolución de los pesos de los individuos de las distintas Dietas mostró curvas disimiles entre sí, pero a pesar de ello, se enmarcaron dentro de los valores representados por el modelo de Iwama & Tautz (1981) a las temperaturas experimentadas, duplicando sus respectivos pesos iniciales a las 4 semanas.

El modelo de crecimiento presentado por Iwama and Tautz (1981), presenta una curva de crecimiento con una pendiente con valor de 4,2 en condiciones de temperatura de 16 °C (TGC = 0,174), la cual es 16,2 °C en el ensayo y las curvas de crecimiento presentaron en promedio una pendiente de 4,1, muy similar al modelo contrastado.

La mixtura de aminoácidos resultante a la formulación de las Dietas 1 y 2, y su aporte de energía, y otros macronutrientes abarcó correctamente las necesidades de la especie como señalan Cho (1992) y Gomes et al. (1995), y superó incluso en resultados el desempeño de la Dieta de control, con un crecimiento de 16,39 [g] en la Dieta 1, y de 18,59 [g] en la Dieta 2, mientras que la Dieta de control fue de 14,53 [g], lo cual representa una crecimiento un 11,35% superior en la Dieta 1, y un 21,84% en la Dieta 3.

El factor de condición calculado en base al método propuesto por Thompson (1917) presento valores óptimos en todas las Dietas en todas las Dietas ($K > 1$), donde la Dieta de control presento el índice más alto con un valor de 1,14, mientras la Dieta 1 un índice un 2,6% menor, en tanto la Dieta 2 un 4,4% menor y por último la Dieta 3 un 8,8% menor, en este índice productivo, para elevar estos índices, el uso de productos estratégicos como la harina de pescado y el aceite de pescado, como menciona Natale *et al.* (2013), debe enfocarse en las etapas específicas tempranas en el desarrollo de los peces, y aumentar su sustitución por fuentes de proteína vegetal, en especial en etapas medias y finales, donde es más factible, en base a las necesidades nutricionales de los peces.

El aporte de lípidos de la harina de camelina (4%) es considerablemente menor al del alimento comercial (23%), por lo cual la Dieta de control aporta más lípidos (21,4%) por su mayor proporción de alimento comercial, la Dieta 2 (17,7%), en contraparte de la Dieta 3 en la cual es menor (14,9%), lo cual concuerda con un crecimiento un 28,7% mayor en la Dieta 2 y

un 20,5% menor en la Dieta 3 en comparación a la de control, para Torstensen et al. (2005) sólo una pequeña proporción de AP puede ser sustituido por estos aceites alternativos debido a su falta de ácidos grasos poliinsaturados, por lo que para Naylor et al. (2009) la demanda de aceite de pescado es probable que determine la demanda absoluta de recursos acuáticos de la acuicultura. El aporte energético de las Dietas fue de 7,77 [kJ kg⁻¹] para la Dieta de control, 7,61 [kJ kg⁻¹] para la Dieta 1, 7,26 [kJ kg⁻¹] para la Dieta 2 y 6,86 [kJ kg⁻¹] para la Dieta 3, para Cho (1992) peces 10 [g] requieren 3,85 [kJ kg⁻¹] mientras que a los 27 [g] requieren 8,69 [kJ kg⁻¹], por lo que la cantidad de energía en Dietas con mayor cantidad de alimento comercial es ligeramente mayor, es por esto que para Natale et al. (2013) la harina y el aceite de pescado se utilizan hoy en día más y más como ingredientes estratégicos en niveles más bajos y para etapas específicas de producción, en los cuales la necesidad energética es mayor, esto se vio reflejado en los resultados de los factores de conversión (FCR), los cuales se mantuvieron dentro de lo esperado, así como lo detalla Haskell (1959), en cuanto al ensayo, la Dieta control presentó en promedio los mejores resultados, superando a la Dieta 1 por un 13%, a la Dieta 2 por un 26% y por ultimo a la Dieta 3 por un notorio 60%.

En cuanto a los resultados en el factor de conversión (FCR) sabemos que dependerá de la especie, el tipo de dieta, la estrategia de alimentación, el estado sanitario de los peces, la mortalidad, el tamaño de los peces, la temperatura del agua y otros factores ambientales; además de parásitos como el cáligns, factores estresantes como ataques de depredadores y actividad humana excesiva. Para efectos de este estudio en particular, el tipo de dieta y los componentes utilizados en su formulación, son claves, y la investigación en búsqueda de nuevas materias primas, juegan un papel fundamental, sabemos que las alzas en los precios del harina, arrastran alzas en los precios del harina de soya, como lo señala la FAO, por la consecuente alza en la demanda, ya que fuerza a los productores de pellets a buscar alternativas proteicas, es por ellos que aumentar la variedad de opciones de fuente de proteína vegetal podría amortiguar estas alza, aportando versatilidad al medio productivo, que otorguen las características necesarias, para la industria.

La alta mortalidad presente en las unidades de la Dieta 3, puede ser influenciada por 2 razones principales, una de ellas sería la disposición del sistema de distribución de agua, en el

afluente el cual se divide en 2 tuberías, para abastecer 2 grupos de 6 estanques (Figura 8), en donde los estanques 3A y 3B están al final de su línea respectiva, ante lo cual, una posible baja en el nivel de agua, pudiera ocasionar una baja no deseada, del recambio de agua. En segundo lugar, el problema que se presenta en la aceptación inicial del alimento por parte de los peces, ocasionó un exceso de alimento no consumido, que pudo también generar un ambiente adverso, ante un sistema de biofiltración en pleno estado de maduración, llevando los niveles de NH_3 y el bajo pH a la muerte de los individuos.

La ausencia de diferencia significativa entre la Dieta 4, con 100% de AC, y las demás Dietas con parte de HC, muestra estadísticamente que el uso de esta reúne las características necesarias en la práctica para brindar los requisitos nutricionales necesario, para el cultivo de trucha arcoíris.

Se debe tener en consideración que al utilizarse AC de la marca Ewos, no se tiene conocimiento pleno y específico de cuáles son sus fuentes proteicas para su producción, ya que se conoce que utilizan tanto harina de pescado, como harina de procedencia vegetal, a pesar de que esta última es solo fraccional, por lo cual estudios futuros podrían considerar la utilización de harina de pescado en su estado de origen, para obtener resultados más precisos.

7. CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que las Dietas experimentales utilizadas, afectan la tasa de crecimiento, factor de condición y factor de conversión, en *Oncorhynchus mykiss*, donde la inclusión de un 30% de harina de camelina (Dieta 2), presentando los mejores resultados su peso y tasa de crecimiento en exceptuando en el factor conversión por una pequeña diferencia.

La sustitución de alimento comercial por HC, ideal en base al presente estudio, se debería ubicar entre las proporciones de las Dietas 1 y 2, es decir entre un 10% y 30% de harina de camelina, exceder estas cantidades no se recomienda en base la experiencia estudiada.

La *Camelina sativa*, además presentar beneficios por la composición para la alimentación de salmónidos con un 31% de proteína digerible, contiene una alta cantidad de ácidos grasos esenciales, principalmente omega-3 (37,8%, mayor que en las demás oleaginosas utilizadas en la industria), el cual puede presentar un gran aporte en el remplazo de aceite de pescado en las dietas, lo cual podría solventar en gran parte el déficit de EPA y DHA, que cada vez está más presente en los peces de criadero, características vitales que permitirán mejorar el producto, aportando una mejor valoración de mercado y además de paso mejorando los resultados productivos en tasa de crecimiento (SGR) y factor de conversión (FCR), en el cultivo de peces.

Avances en los últimos años en biotecnología, muestran que la *Camelina sativa* modificada genéticamente, contiene niveles altos de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3, tanto EPA como DHA, por lo que es útil como reemplazo del aceite de pescado en la alimentación del salmónidos, para producir peces con alto contenido de grasas poliinsaturadas.

En base a las fuentes, variables estudiadas y resultados, podemos inferir, que la harina de camelina, es un sustituto posible, al uso de harina de pescado en la industria salmonicultora, aumentando el abanico de fuentes proteicas vegetales utilizables, lo cual presenta la oportunidad de la utilización integral de la *Camelina sativa*, potenciando aún más lo que postulan muchos otros estudios en los últimos años, de los beneficios de esta oleaginosa en la salmonicultura, por su ya estudiada, riqueza en ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovic, H., & Abram, V. (2005).** Physico-chemical properties, composition and oxidative stability of Camelina sativa oil. *Food Technol. Biotechnol*, 43(1), 63-70.
- Alder, J., & Sumaila, U. R. (2004).** Western Africa: a fish basket of Europe past and present. *The Journal of Environment & Development*, 13(2), 156-178.
- Anderson, G., & Olsson, G. (1950).** Feldversuche mit Leindotter—Camelina sativa Crantz. *Sveriges Ustades. Tidskr*, 60, 440-458.
- Austreng, E., Storebakken, T., & Åsgård, T. (1987).** Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*, 60(2), 157-160.
- Aziza, A., Quezada, N., & Cherian, G. (2010).** Feeding Camelina sativa meal to meat-type chickens: Effect on production performance and tissue fatty acid composition. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(2), 157-168.
- Bell, J. G., McGhee, F., Dick, J. R., & Tocher, D. R. (2005).** Dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Scottish farmed salmon (*Salmo salar*): effects of replacement of dietary marine fish oil with vegetable oils. *Aquaculture*, 243(1), 305-314.
- Bell, J. G., Pratoomyot, J., Strachan, F., Henderson, R. J., Fontanillas, R., Hebard, A., . . . Tocher, D. R. (2010).** Growth, flesh adiposity and fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) families with contrasting flesh adiposity: Effects of replacement of dietary fish oil with vegetable oils. *Aquaculture*, 306(1), 225-232.
- Bell, J. G., Tocher, D. R., Henderson, R. J., Dick, J. R., & Crampton, V. O. (2003).** Altered fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets containing linseed and rapeseed oils can be partially restored by a subsequent fish oil finishing diet. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2793-2801.

- Bergot, F. (1979).** Effects of dietary carbohydrates and of their mode of distribution on glycaemia in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 64(4), 543-547.
- Bhatty, R. (1995).** Nutrient composition of whole flaxseed and flaxseed meal. *Flaxseed in human nutrition*, 22-42.
- Bonjean, A., & LE GOFFIC, F. (1999).** La cameline: *Camelina sativa* (L.) Crantz: une opportunité pour l'agriculture et l'industrie européennes. *OCL. Oléagineux, corps gras, lipides*, 6(1), 28-34.
- Brett, J., & Groves, T. (1979).** Physiological energetics. *Fish physiology*, 8(6), 280-352.
- Camelina-Company. (2002).** Revisado el 27-05-2017, en www.camelinacompany.es.
- Carter, C., & Hauler, R. (2000).** Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 185(3), 299-311.
- Corey, P., Leith, D., & English, M. (1983).** A growth model for coho salmon including effects of varying ration allotments and temperature. *Aquaculture*, 30(1-4), 125-143.
- Charlon, N., & Bergot, P. (1986).** An improved automatic dry food dispenser for fish larvae. *The Progressive Fish-Culturist*, 48(2), 156-158.
- Chen, Z., Ratnayake, W. M., & Cunnane, S. (1994).** Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(6), 629-632.
- Cho, C., & Kaushik, S. (1990).** Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) *Aspects of food production, consumption and energy values* (pp. 132-172): Karger Publishers.
- Cho, C., Slinger, S., & Bayley, H. (1982).** Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1), 25-41.

- Cho, C. Y. (1992).** Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, 100(1-3), 107-123.
- Cho, C. Y., & Bureau, D. P. (1998).** Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 199-210.
- Dabrowski, K., & Bardega, R. (1984).** Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*, 40(1), 41-46.
- Downey, R. K. (1971).** Agricultural and genetic potentials of cruciferous oilseed crops. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48(11), 718-722.
- Eidhin, D. N., Burke, J., & O'Beirne, D. (2003).** Oxidative Stability of ω 3-rich Camelina Oil and Camelina Oil-based Spread Compared with Plant and Fish Oils and Sunflower Spread. *Journal of Food Science*, 68(1), 345-353.
- Eidhin, D. N., & O'Beirne, D. (2010).** Oxidative stability and acceptability of camelina oil blended with selected fish oils. *European journal of lipid science and technology*, 112(8), 878-886.
- El Bassam, N. (2010).** *Handbook of bioenergy crops: a complete reference to species, development and applications*: Routledge.
- FAO. (2010).** Aquaculture Department (2009) The state of world fisheries and aquaculture 2008. *Food and agriculture organization of the United Nations, Rome*.
- FAO. (2016).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura. *Roma*, 224.
- FAO. (2017).** Food Agriculture Organisation of the United Nations. Revisado el 30-03-2017, en www.FAO.com.
- Fleming, I. A., Agustsson, T., Finstad, B., Johnsson, J. I., & Björnsson, B. T. (2002).** Effects of domestication on growth physiology and endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(8), 1323-1330.

- Francis, A., & Warwick, S. (2009).** The biology of Canadian weeds. 142. *Camelina alyssum* (Mill.) Thell.; *C. microcarpa* Andr. ex DC.; *C. sativa* (L.) Crantz. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(4), 791-810.
- Fuglsang, S., Kristensen, H., & Elbek-Pedersen, H. (1987).** Survey on the Danish field experiments, F: Seed and industrial crops. *Oversigt over Landsforsøegene (Denmark)*.
- Gélineau, A., Corraze, G., & Boujard, T. (1998).** Effects of restricted ration, time-restricted access and reward level on voluntary food intake, growth and growth heterogeneity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on demand with self-feeders. *Aquaculture*, 167(3), 247-258.
- Gomes, E. F., Rema, P., & Kaushik, S. J. (1995).** Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130(2), 177-186.
- Gugel, R., & Falk, K. (2006).** Agronomic and seed quality evaluation of *Camelina sativa* in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(4), 1047-1058.
- Handeland, S., Arnesen, A., & Stefansson, S. (2003).** Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. *Aquaculture*, 220(1), 367-384.
- Haskell, D. C. (1959).** Trout growth in hatcheries. *New York Fish and Game Journal*, 6(2), 204-237.
- Hixson, S. M., Parrish, C. C., & Anderson, D. M. (2013).** Effect of replacement of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil on growth, lipid class and fatty acid composition of farmed juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish physiology and biochemistry*, 39(6), 1441-1456.
- Hixson, S. M., Parrish, C. C., & Anderson, D. M. (2014).** Full substitution of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil, with partial substitution of fish meal with camelina meal,

in diets for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its effect on tissue lipids and sensory quality. *Food Chemistry*, 157, 51-61.

Huntington, T., & Hasan, M. R. (2009). Fish as feed inputs for aquaculture—practices, sustainability and implications: a global synthesis *Fish as feed inputs for aquaculture: practices, sustainability and implications* (Vol. 518, pp. 1-61): FAO Rome.

Iwama, G. K., & Tautz, A. F. (1981). A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(6), 649-656.

Johnson, E., Falk, K., Klein-Gebbinck, H., Lewis, L., Vera, C., Malhi, S., . . . Topinka, K. (2008). annual report. Agronomy of *Camelina sativa* and *Brassica carinata*. Western Applied Research Corporation, Scott, SK, Canada.

Johnson, E. N. (2011). Agronomy of *Camelina sativa* and *Brassica carinata*.

Kaushik, S. (2004). Fish oil replacement in aquafeeds. *Aqua Feeds: Formulation and Beyond*, 1(1), 3-6.

Klepacka, M., Nitecka, E., & Buraczewska, I. (1985). Thermal changes of rapeseed proteins. *Developments in food science*.

Knörzer, K. H. (1978). Entwicklung und Ausbreitung des Leindotters (*Camelina saliva* s. l.). *Plant Biology*, 91(1), 187-195.

Lafferty, R., Rife, C., & Foster, G. (2009). Spring camelina production guide for the Central High Plains. *Blue Sun Agriculture Research & Development*, 14143.

Mardones, A., & Gajardo, D. (2013). Evaluación de la alimentación de *Salmo salar* en piscicultura, utilizando dispensadores automáticos. *Sustainability Agri Food Environmental Research (SAFER)*, 1(1).

McVay, K., & Lamb, P. (2007). Camelina Production in Montana, MT200701AG. Retrieved March, 29, 2008.

- Menoyo, D., Lopez-Bote, C., Obach, A., & Bautista, J. (2005).** Effect of dietary fish oil substitution with linseed oil on the performance, tissue fatty acid profile, metabolism, and oxidative stability of Atlantic salmon. *Journal of animal science*, 83(12), 2853-2862.
- Metian, A. G. T. M. (2009).** Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(6), 294-302.
- Midtbø, L. K., Ibrahim, M. M., Myrmel, L. S., Aune, U. L., Alvheim, A. R., Liland, N. S., . . . Brattelid, T. (2013).** Intake of farmed Atlantic salmon fed soybean oil increases insulin resistance and hepatic lipid accumulation in mice. *PLoS One*, 8(1), e53094.
- Morais, S., Edvardsen, R. B., Tocher, D. R., & Bell, J. G. (2012).** Transcriptomic analyses of intestinal gene expression of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed diets with Camelina oil as replacement for fish oil. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 161(3), 283-293.
- Mulligan, G. A. (2002).** Weedy introduced mustards (Brassicaceae) of Canada. *Canadian Field-Naturalist*, 116(4), 623-631.
- Natale, F., Hofherr, J., Fiore, G., & Virtanen, J. (2013).** Interactions between aquaculture and fisheries. *Marine Policy*, 38, 205-213.
- Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., . . . Troell, M. (2000).** Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., . . . Hua, K. (2009).** Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15103-15110.
- Olsen, Y. (2011).** Resources for fish feed in future mariculture. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(3), 187-200.

- Oomah, B., & Kenaschuk, E. (1995).** Cultivars and agronomic aspects. *Flaxseed in Human Nutrition*, edited by SC Cunnane and LU Thompson. American Oil Chemists' Society Press, Champaign, USA, 43-45.
- Peiretti, P., & Meineri, G. (2007).** Fatty acids, chemical composition and organic matter digestibility of seeds and vegetative parts of false flax (*Camelina sativa* L.) after different lengths of growth. *Animal feed science and technology*, 133(3), 341-350.
- Pilgeram, A. L. (2007).** *Camelina sativa*, a Montana omega-3 and fuel crop.
- Plessers, A., McGregor, W., Carson, R., & Nakoneshny, W. (1962).** Species trials with oilseed plants: II. *Camelina*. *Canadian Journal of Plant Science*, 42(3), 452-459.
- Porcher, F. P. (1863).** Resources of the Southern Fields and Forests, Medical, Economical, and Agricultural, Being Also a Medical Botany of the Confederate States.
- Putnam, D., Budin, J., Field, L., & Breene, W. (1993).** *Camelina*: a promising low-input oilseed. *New crops*. Wiley, New York, 314.
- Regost, C., Jakobsen, J. V., & Rørå, A. M. B. (2004).** Flesh quality of raw and smoked fillets of Atlantic salmon as influenced by dietary oil sources and frozen storage. *Food Research International*, 37(3), 259-271.
- Robinson, R. G. (1987).** *Camelina*: a useful research crop and a potential oilseed crop.
- Rode, J. (2002).** Study of autochthon *Camelina sativa* (L.) Crantz in Slovenia. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 9(4), 313-318.
- Scoggan, H. (1978).** The flora of Canada: parts 1-3. Ottawa: National Museums of Canada 1115p.(National Museum of Natural Sciences Publications in Botany, no. 7 (1)-. To be completed in 4 parts. Geog= 3 Floristics (NORTH_AMERICA: CANADA)(KR, 197806704).
- SERNAPESCA. (2015).** Anuario 2015 - Subsector acuicultura. Revisado el 27-03-2017 www.sernapesca.cl.

- Serretti, C., Schapaugh, W., & Leffel, R. (1994).** Amino acid profile of high seed protein soybean. *Crop science*, 34(1), 207-209.
- Sheppard, A. J., Iverson, J. L., & Weihrauch, J. L. (1978).** Composition of selected dietary fats, oils, margarines, and butter *Fatty Acids and Glycerides* (pp. 341-379): Springer.
- Sturtevant, E. L. (1919).** *Sturtevant's notes on edible plants* (Vol. 2): JB Lyon Company, state printers.
- Tacon, A. G., & Metian, M. (2008).** Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285(1), 146-158.
- Tacon, A. G., Metian, M. R., Tacon, M. A. G., Hasan, M. R., & Metian, M. (2011).** *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects.*
- Talbot, C. (1993).** Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. *Proceedings of the Nutrition Society*, 52(03), 403-416.
- Thodesen, J., Grisdale-Helland, B., Helland, S. J., & Gjerde, B. (1999).** Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 180(3), 237-246.
- Thomas, P. (2003).** The growers manual. Canola Council of Canada. Winnipeg, Canada.
- Thompson, D. (1917).** W., 1942. On Growth and Form. *New York: Mac Millan (published originally by Cambridge University Press, 1917).*
- Tidwell, J. H., & Allan, G. L. (2001).** Fish as food: aquaculture's contribution. *EMBO reports*, 2(11), 958-963.
- Torstensen, B. E., Bell, J. G., Rosenlund, G., Henderson, R. J., Graff, I. E., Tocher, D. R., . . . Sargent, J. R. (2005).** Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(26), 10166-10178.

- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., & Ng, W. K. (2009).** Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 10-57.
- Urbaniak, S., Caldwell, C., Zheljaskov, V., Lada, R., & Luan, L. (2008a).** The effect of cultivar and applied nitrogen on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(1), 111-119.
- Urbaniak, S., Caldwell, C., Zheljaskov, V., Lada, R., & Luan, L. (2008b).** The effect of seeding rate, seeding date and seeder type on the performance of *Camelina sativa* L. in the Maritime Provinces of Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 88(3), 501-508.
- Uys, W., & Hecht, T. (1985).** Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* larvae (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 47(2-3), 173-183.
- Villaseñor, J. L., & J Espinosa-Garcia, F. (2004).** The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and distributions*, 10(2), 113-123.
- Vollmann, J., Damboeck, A., Eckl, A., Schrems, H., & Ruckenbauer, P. (1996).** Improvement of *Camelina sativa*, an underexploited oilseed. *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA, 1, 357-362.
- Walton, M., Cowey, C., Coloso, R. M., & Adron, J. (1986).** Dietary requirements of rainbow trout for tryptophan, lysine and arginine determined by growth and biochemical measurements. *Fish physiology and biochemistry*, 2(1), 161-169.
- Waraich, E. A., Ahmed, Z., Ahmad, R., Ashraf, M. Y., Naeem, M. S., & Rengel, Z. (2013).** 'Camelina sativa', a climate proof crop, has high nutritive value and multiple-uses: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 7(10), 1551.
- Warwick, S., Francis, A., & Mulligan, G. (1999).** Brassicaceae of Canada: Agriculture and Agri-Food Research Branch Technical Publication, ECORC, Ottawa, Canada Contribution No. 98.1317. 1255.

- Wolters, W. R., Barrows, F. T., Burr, G. S., & Hardy, R. W. (2009).** Growth parameters of wild and selected strains of Atlantic salmon, *Salmo salar*, on two experimental diets. *Aquaculture*, 297(1), 136-140.
- Zubr, J. (1997).** Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial crops and products*, 6(2), 113-119.
- Zubr, J. (2003).** Dietary fatty acids and amino acids of *Camelina sativa* seed. *Journal of food quality*, 26(6), 451-462.

9. ANEXOS

Tabla 9: Tabla de %PC utilizada en el estudio, peso (g) y temperatura (°C).

Peso (g)	% Peso Corporal Temperatura del agua °C				
	10	12	14	16	18
0,2	4,1	4,9	5,9	7,1	8,5
0,6	3,7	4,4	5,3	6,3	7,6
0,6 – 1,5	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6
1,5 – 5,0	2,6	3,1	3,7	4,4	5,3
5 – 7	2,5	3	3,6	4,3	5,1
7 – 9	2,2	2,7	3,2	3,8	4,6
9 – 25	1,6	1,9	2,3	3,8	3,3
25 – 57	1,4	1,6	2	2,3	2,8
57 – 137	1,1	1,3	1,5	1,9	2,2
137 - 265	0,9	1	1,2	1,5	1,8

Fuente: Naltech (2015).

Tabla 10: Peso promedio, desviación estándar y número de peces de cada grupo al momento de cada muestreo.

	Muestreo	Peso Promedio	Desviación Estándar	Nº de Peces
Control	1	11,25	1,20	76
	2	17,06	2,31	76
	3	19,86	3,04	75
	4	22,61	5,80	75
	5	25,78	6,30	75
1A	1	10,78	1,99	77
	2	15,92	4,17	77
	3	20,51	4,24	75
	4	23,48	7,52	75
	5	26,91	10,79	75
1B	1	10,24	2,01	77
	2	16,50	4,31	77
	3	20,01	3,90	76
	4	23,31	4,48	76
	5	26,89	5,77	76
2A	1	12,08	2,26	69
	2	16,84	3,65	69
	3	20,51	4,39	68
	4	24,86	5,44	68
	5	29,98	7,77	68
2B	1	11,47	2,11	75
	2	14,99	3,84	75
	3	19,11	4,25	75
	4	25,28	6,98	75
	5	30,75	7,11	75
3A	1	10,70	2,05	83
	2	13,99	2,55	78
	3	14,01	2,73	62
	4	19,79	3,83	62
	5	25,51	5,37	62
3B	1	11,59	1,18	90
	2	11,74	1,90	80
	3	13,75	2,29	79
	4	15,88	3,91	76
	5	21,01	6,19	76

Tabla 11: Resultados de las distintas Dietas en delta en peso, mortalidad, factor de condición (K), tasa de crecimiento (SGR) y factor de conversión (FCR).

	Δ Peso [g]	Mortalidad	K	SGR	FCR
Control	14,53	2	1,14±0,21	1,48±0,64	1,00±0,23
Dieta 1	16,39	3	1,11±0,1	1,68±0,58	0,87±0,09
Dieta 2	18,59	1	1,09±0,06	1,69±0,71	0,74±0,12
Dieta 3	12,1	35	1,04±0,08	1,31±0,48	0,40±0,35