

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

Título

Efecto del reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta previo a la cosecha sobre el contenido de EPA y DHA en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Francisco Javier Bezama Gattás

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGADO

Memoria de Título

Título

Efecto del reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta previo a la cosecha sobre el contenido de EPA y DHA en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Effects of vegetable oil replace by fish oil in the diet prior to harvest over the content of EPA and DHA in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Francisco Javier Bezama Gattás

Santiago, Chile
2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Título

Efecto del reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta previo a la cosecha sobre el contenido de EPA y DHA en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo, Mención Producción
Animal.

Francisco Javier Bezama Gattás

Profesor Guía	Calificaciones
Sra. Susana Muñoz M. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	6,2
Sr. Jurij Wacyk G Ingeniero Agrónomo. Ph.D.	6,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Cristián Araneda T. Biólogo. Dr. Cs. Biomédicas	6,0
Sr. Ricardo Marchant S. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	6,0

Santiago, Chile
2011

Para triunfar en la vida, no es importante llegar el primero. Para triunfar simplemente hay que llegar, levantándose cada vez que se cae en el camino.

Anónimo.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Quiero dar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que colaboraron en este proyecto desde el principio para que llegara a su fin. De esta forma doy gracias a Salmenes Antártica S.A. por haber posibilitado la realización de este ensayo, en especial a Paulo Palacios por haber autorizado la realización de éste, a César Martínez por su colaboración en la coordinación del mismo.

También quiero agradecer a la profesora Dina Cerda, responsable del Laboratorio de Nutrición Animal, por su instrucción en las técnicas analíticas realizadas en este trabajo y por haberme “soportado” todo el tiempo que estuve trabajando en el laboratorio metiendo ruidos molestos. A la profesora Lilia Mason directora del Centro de Investigación y Desarrollo en Grasas y Aceites (CIDGRA), por haber facilitado el laboratorio para realizar los análisis de cromatografía.

Además quiero agradecer al profesor Cristián Araneda por su ayuda en todo lo que tuvo que ver con el análisis estadístico, a mi profesor guía Jurij Wacyk por su ayuda ante todas las dudas que existieron, a Josefina Gutiérrez por su paciencia al ayudarme a traspasar los datos de los cromatogramas desde el papel al computador, a Nury Bezama por brindarme el apoyo al corregir mi memoria en busca de una mejor redacción, y un especial agradecimiento a José Miguel Caquilpán por haber respondido a todas mis dudas, por la facilitación de los datos y por su ayuda en la instrucción de técnicas utilizadas en el ensayo además de su cordialidad.

Quiero hacer una mención especial de agradecimiento a mi profesora guía Susana Muñoz por haberme otorgado la posibilidad de realizar este trabajo, iniciando así el camino a mi formación como profesional, además de haberme “acortado las riendas” en el momento justo para poder alcanzar el objetivo de terminar mi tesis.

Quiero dedicar esta Memoria de Título a mi familia y amigos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento, en especial a mis padres a quienes agradezco la educación, el tesón y la formación como persona integral, a mi abuelo Juan Guillermo Bezama quien ha sido un pilar fundamental en mi vida.

Por último, quiero dedicar este trabajo a aquellas personas que ya no se encuentran junto a mí, y que también influyeron mucho en mi vida y en mi formación como persona, me refiero a mi abuelo Alfredo Gattás, mi abuela Mireya Nazar y mi “abueli” Cenia Bezama.....**esto es para todos ustedes.**

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Materiales.....	9
Lugar de estudio.....	9
Peces.....	9
Dietas.....	9
Equipos e instrumentos.....	10
Métodos.....	10
Diseño experimental.....	10
Variables medidas.....	12
Análisis de Muestras.....	14
Análisis de la Dieta.....	16
Modelo y análisis estadístico.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
Composición en ácidos grasos del filete.....	19
Ácido linoléico.....	19
Ácido α -linolénico.....	20
Ácido araquidónico.....	22
EPA.....	22
DHA.....	24
Contenido total de ácidos grasos ω -3.....	24
Contenido total de ácidos grasos ω -6.....	25
Relación de ácidos grasos ω -3/ ω -6.....	26
Efecto de la dieta sobre el contenido lipídico del filete.....	28

Efecto de la dieta sobre las características de calidad de canal.....	30
Color.....	30
Resistencia al corte.....	32
Parámetros Morfométricos.....	33
Peso total.....	33
Peso canal.....	34
Peso vísceras.....	34
Peso hígado.....	34
Longitud de horquilla.....	35
Índices Calculados.....	36
Factor de condición.....	36
Rendimiento de canal.....	37
Índice viscerosomático.....	37
Índice hepatosomático.....	38
Comparación de pendiente e interceptos.....	39
Peso total.....	40
Longitud de horquilla.....	40
Factor de condición.....	40
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
APÉNDICE I.....	49
APÉNDICE II.....	51
APÉNDICE III.....	52
APÉNDICE IV.....	55
APÉNDICE V.....	58
APÉNDICE VI.....	59

RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar la recuperación del ácido eicosapentaenoico (EPA), el ácido docosahexaenoico (DHA) y la respuesta en comportamiento productivo, ante el reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta de término de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones comerciales.

Este estudio corresponde a la segunda fase de un ensayo; en la primera fase los peces distribuidos en dos tratamientos, fueron alimentados durante un período de 10 semanas con 2 dietas que contenían diferentes proporciones de aceites vegetales (Dieta 1: 70% aceite de soya + 30% de aceite de pescado, dando origen al tratamiento 1; y Dieta 2: 57% aceite de soya + 13% de aceite de linaza + 30% de aceite de pescado, dando origen al tratamiento 2). Se adiciona un tercer grupo alimentado siempre con aceite de pescado el cual da origen al tratamiento control.

En este ensayo, las truchas con un peso promedio de 2100g fueron alimentados con una dieta basada en aceite de pescado por un periodo de 12 semanas. Se analizaron los cambios en el perfil de ácidos grasos en el filete entero y en el aceite extraído, además del efecto en el comportamiento productivo.

Se encontró que el contenido de EPA en el filete aumentó en los tratamientos 1 y 2 (37 y 24% respectivamente), con diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$) respecto al valor inicial sólo en tratamiento 1; sin embargo, ambos valores fueron inferiores al control, con diferencias significativas (0,59 tratamiento 1; 0,52 tratamiento 2 vs 0,73 Control). El contenido de DHA se mantuvo, sin diferencias significativas en el tiempo, ni respecto al control al término del ensayo (0,45 tratamiento 1; 0,47 tratamiento 2 vs 0,55 Control).

La relación $\omega\text{-3}/\omega\text{-6}$ aumentó en el tiempo (57% tratamiento 1 y 31% tratamiento 2) con diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$), siendo mayor la recuperación en las truchas alimentadas sin aceite de lino en el ensayo anterior. Los valores finales de la relación $\omega\text{-3}/\omega\text{-6}$ fueron inferiores en un 13% al control, con diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$) (0,58 tratamiento 1; 0,59 tratamiento 2 vs 0,67 Control).

Se puede concluir que la sustitución de diferentes proporciones de aceites vegetales por aceite de pescado durante 12 semanas previo a la cosecha es insuficiente para recuperar el perfil de ácidos grasos en el filete en truchas a peso de cosecha, identificándose un efecto residual de la alimentación con aceites vegetales de la etapa anterior sobre la resistencia al corte, el color instrumental y la ganancia de peso.

Palabras claves: Aceite de Linaza; Aceite de Soya; Ácido Linoléico; Ácido α -linolénico; $\omega\text{-3}$; $\omega\text{-6}$.

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the recovery of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and the response in productive performance, with the replacement of vegetable oil for fish oil in finishing diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), under production conditions.

This study is the second part of a trial, in the first phase, fishes were distributed in two treatments were fed over a period of 10 weeks with 2 diets containing different proportions of vegetable oils (Diet 1: 70% soybean oil + 30% fish oil, giving rise to treatment 1, and Diet 2: 57% soybean oil + 13% linseed oil + 30% fish oil, giving rise to treatment 2). It adds a third group always fed with fish oil which gives rise to the control treatment.

In this trial, the trout with an average weight of 2100g were fed a diet based on fish oil for a period of 12 weeks. Changes in fatty acid profile in the whole steak and the oil extracted, and the effects on productive performance were analyzed.

EPA content in the fillet increased in treatments 1 and 2 (37 and 24% respectively), with significant differences (P-value<0.05) from control only in treatment 1, but both values were lower than control, with significant differences (0.59 treatment 1; 0.52 treatment 2 vs. 0.73 control). The DHA content was maintained, with no significant differences in time, or concerning the control at the end (0.45 treatment 1; 0.47 treatment 2 vs. 0.55 control).

The ω -3/ ω -6 ratio increased over time (57% treatment 1 and 31% treatment 2) with significant differences (P-value <0.05), where the trouts fed the linseed oil in the previous diet, showed the higher value; nevertheless the final ω -3/ ω -6 ratio were lower than control in a 13%, with significant differences (P-value <0.05) (0.58 treatment 1, 0.59 treatment 2 vs. 0.67 control).

It can be concluded that the substitution of different proportions of vegetable oils for fish oil during 12 weeks before harvest is insufficient to recover the fatty acid profile in trout fillet, identifying a residual effect of the previous diet with vegetable oils over texture, instrumental color parameters and weight gain.

Keywords: Linseed Oil, Soybean Oil, Linoleic acid; α -linolenic acid; ω -3; ω -6.

INTRODUCCIÓN

Los peces en general, en especial los salmónidos, son una fuente importante de ácidos grasos ω -3, especialmente de cadena larga altamente insaturados (PUFA), donde destacan principalmente el ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5) y el ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6) (Valenzuela *et al.*, 2000; Valenzuela, 2005; Morkore y Pickova, 2007).

Se han identificado muchas funciones bioquímicas del DHA, entre las que destacan sus efectos a nivel de la regulación génica, en el control del sistema inmunológico como un posible segundo mensajero y su efecto en la función de las membranas celulares a través de la regulación de la fluidez. También está involucrado en la formación y el funcionamiento del sistema nervioso y visual; en la retina el DHA forma parte de los foto receptores de los conos y bastones (Valenzuela y Nieto, 2001).

Además de ser un intermediario en la formación del DHA (Turchini y Francis, 2009), está clínicamente y epidemiológicamente demostrado que el consumo regular de EPA tiene efectos hipotriglicéridémicos, hipocolesterolémicos, antitrombóticos y antiinflamatorios, procesos que en su conjunto disminuyen en forma sustancial el riesgo de enfermedad cardiovascular y de sus secuelas (Valenzuela, 2005).

Es por esto que la presencia de estos dos ácidos grasos en el filete de los salmónidos, le ha otorgado la característica de alimento funcional, ya que, el EPA y el DHA afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico más allá del valor nutritivo tradicional (Araya y Luts, 2003).

La producción de alimento para salmónidos ha utilizado corrientemente aceite de pescado como fuente energética, y por constituir una fuente rica en ácidos grasos del tipo ω -3 (PUFA) que son esenciales para los salmónidos, y que le confieren la característica de alimento funcional; sin embargo, la disminución en la producción de aceite de pescado en los últimos años, debido a las variaciones significativas de producción por problemas ambientales como el fenómeno "El Niño" (FAO, 2006-2011), y el establecimiento de las cuotas de captura del recurso marino, sumado a la mayor demanda originada por el crecimiento de la acuicultura a nivel mundial ha elevado su precio (Figura 1), determinando la búsqueda de fuentes energéticas de reemplazo (Tacon, 1989; Mourente y Bell 2006; Mitrano, 2007).

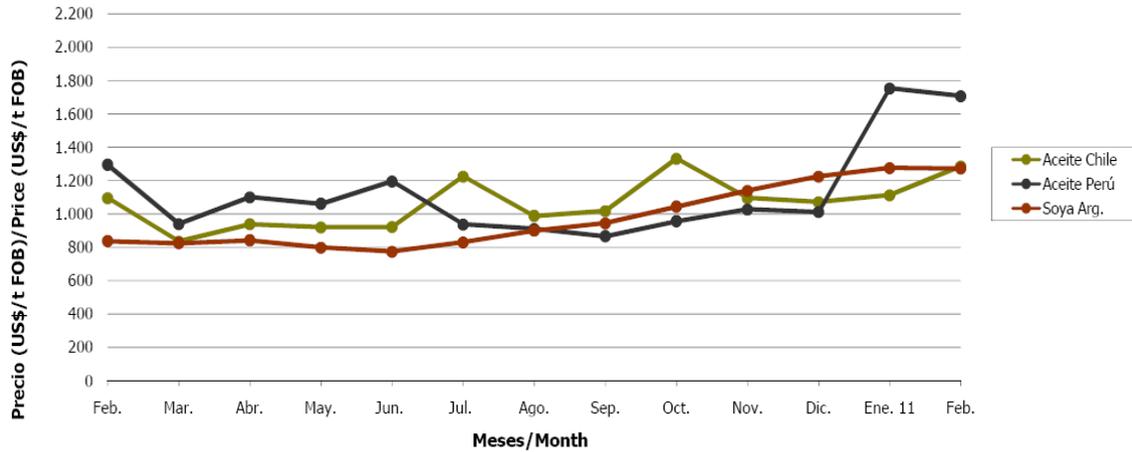


Figura 1. Precios del aceite de pescado y aceite de soya desde Febrero de 2010 hasta Febrero de 2011 (US\$ por tonelada bruta) Fuente: Directorio Aqua (2011).

Una alternativa para reemplazar el aceite de pescado en la dieta de salmónidos la constituyen los aceites vegetales provenientes de soya, raps, linaza entre otros, los que pueden sustituir parcialmente una parte importante del aceite de pescado (50%), sin comprometer el crecimiento, la eficiencia de conversión de alimentos o la producción (Hardy *et al.*, 1987; Thomassen y Rosjo, 1989; Guillou *et al.*, 1995; Mourente y Bell, 2006).

Sin embargo, los aceites vegetales tienen perfiles de ácidos grasos diferentes al aceite de pescado, por este motivo al incluirlos en la dieta de salmónidos, se produce un cambio en el perfil de ácidos grasos del filete, debido a que lo depositado refleja la composición de ácidos grasos de la dieta (Wing-Keong *et al.*, 2007; Turchini y Francis, 2009; Turchini *et al.*, 2010).

La mayoría de los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos ω -6 y pobres en ácidos grasos ω -3 (Figura 2) (Canolainfo, 2011). El aceite de soya, uno de los más utilizados en la industria de alimentos para salmónidos por su disponibilidad y precio (Figura 1) (Directorio Aqua, 2011), contiene un 6% de ácido alfa-linolénico (ω -3) y un 51% de ácido linoléico (ω -6), mientras que el aceite de linaza presenta un patrón distinto, con una alta cantidad de ácido alfa-linolénico (53%) y una baja cantidad de ácido linoléico (12%) (NRC, 1993).

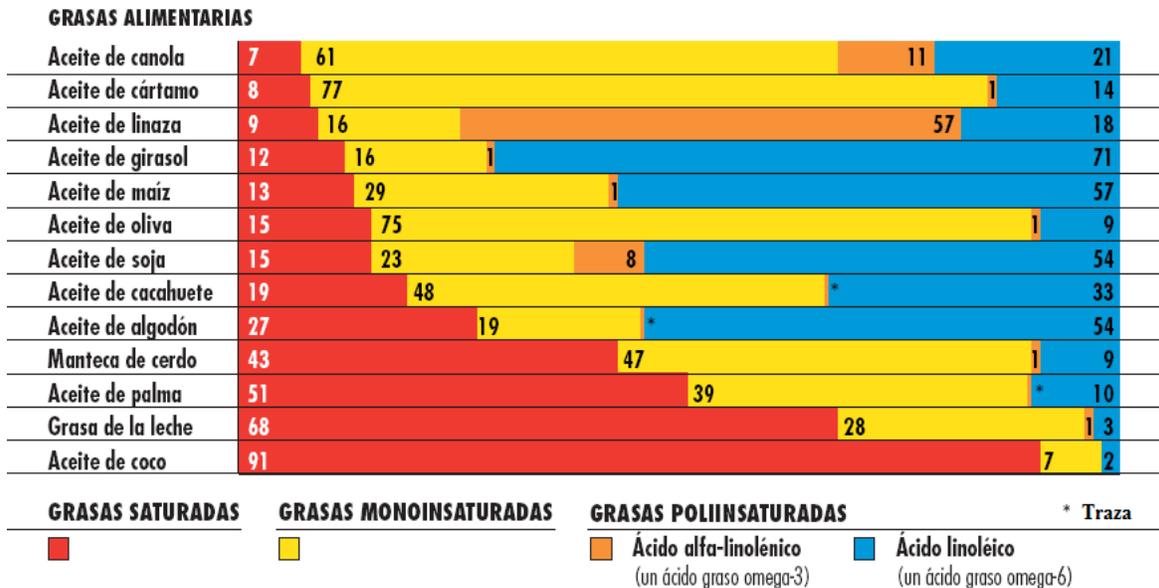


Figura 2. Composición en ácidos grasos de diferentes aceites vegetales, contenido de ácidos grasos normalizado a 100 por ciento. Fuente: Canolainfo, (2011).

Al incluir aceites con altos contenidos de ácido graso linoléico 18:2(ω -6) se favorece la vía de depositación de ácidos grasos de la serie ω -6, mientras que la depositación de ácidos grasos de la serie ω -3, disminuye, pues compite por las mismas vías enzimáticas de desaturación y elongación, convirtiendo el ácido linoléico 18:2 (ω -6) en araquidónico 20:4(ω -6) (Turchini y Francis, 2009).

Estos antecedentes indican que al reemplazar aceite de pescado por un aceite vegetal en dietas de engorda, si bien se altera el perfil de ácidos grasos, es necesario entonces considerar un aceite que altere lo menos posible el contenido de ácidos grasos del filete, especialmente en lo que dice relación al contenido de PUFA ω -3 que le dan el carácter de alimento funcional (Bell et al. 2004, Valenzuela, 2005); y por ende una menor alteración en la relación ω -3/ ω -6, para así contribuir a mantener una relación ω -3/ ω -6 (sobre 1:2) en la dieta del consumidor, sugerida como beneficiosa para la salud humana (Simopoulos, 2000).

De acuerdo al perfil de ácidos grasos, el aceite de linaza que contiene una mayor proporción de ácido alfa linoléico, sería una alternativa apropiada en las dietas de salmónidos, ya que, es precursor de los ácidos EPA y DHA, además de disminuir los depósitos de ácido linoléico. A diferencia del aceite de soja, tendería a aumentar la cantidad de ácidos grasos ω -3 y disminuir la cantidad de ácidos grasos ω -6, mejorando la relación ω -3/ ω -6 en la dieta (Santibáñez, 2003, Turchini y Francis, 2009).

En trucha arcoíris se ha reemplazado parte del aceite de pescado por aceites vegetales (linaza, soja, raps entre otros (Caballero *et al.*, 2002; Bell *et al.*, 2004; Mourente y Bell, 2006; Wing-Keong *et al.*, 2007), por períodos de tiempo que ha variado según estudio, para luego realimentar con una dieta que contenga solamente aceite de pescado; producto de estos trabajos se ha visto que al momento de comparar con peces alimentados solamente con aceite de pescado, se obtienen resultados similares en cuanto a crecimiento, mientras

que los niveles de EPA y DHA no se alcanzan a igualar (Bell *et al.*, 2004 y Turchini *et al.*, 2009).

Los autores señalados en el párrafo anterior, concuerdan que la mejor alternativa vegetal al reemplazo del aceite de pescado es aquella que tenga una menor cantidad de ácido linoléico, ya que es precursor de ácidos grasos ω -6 y por otro lado que contenga una mayor cantidad de ácido α -linolénico, precursor de EPA y DHA (Figura 3).

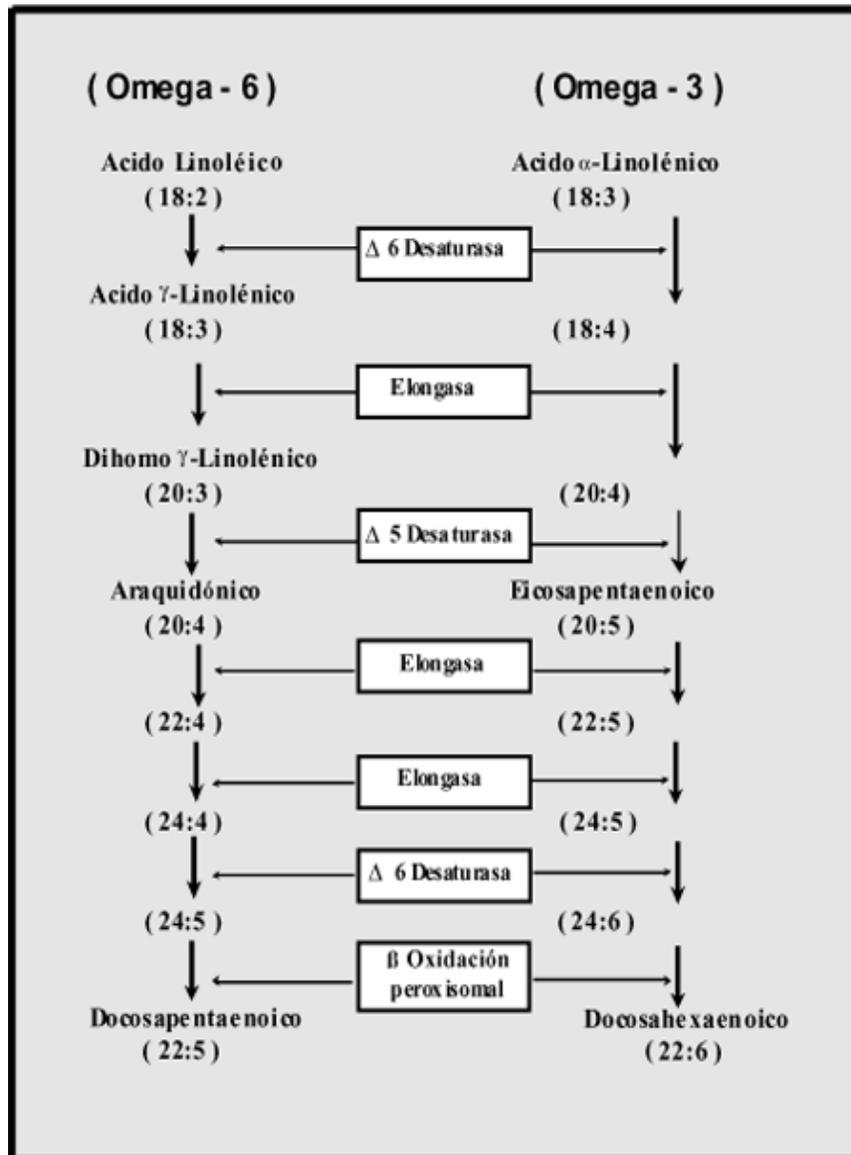


Figura 3. Etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores. Fuente: Valenzuela y Nieto, 2001.

La modificación en el perfil de ácidos grasos del salmón, producto de la sustitución por aceites vegetales tendría una influencia negativa en la calidad del producto para el consumidor, debido al menor aporte de ácidos grasos ω -3, que son beneficiosos para la salud humana (Valenzuela y Nieto, 2001; Araya y Luts, 2003; Valenzuela, 2005). Por lo

tanto, después de usar dietas con aceites vegetales, volver a alimentar con aceite de pescado puede ser una buena estrategia para reducir este efecto adverso (Regost *et al.*, 2003).

El reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado por un periodo de 16 semanas en dietas de salmón del Atlántico en etapa de postsmolt, ha dado como resultado un aumento en los niveles de EPA y DHA, sin embargo las concentraciones no alcanzaron a asemejarse a los valores encontrados en postsmolts alimentados solo con aceite de pescado durante todo el ensayo (Bell *et al.*, 2003a).

Esta evidencia empírica ha permitido generar modelos que permiten predecir la incorporación en el filete de los ácidos grasos que se entregan en la dieta, así como también para estimar el tiempo en que el perfil de ácidos grasos se estabiliza luego del cambio de dieta, estos modelos consideran factores como: la especie, edad del pez, tiempo que se suministre la dieta y origen de los aceites de la dieta (Jobling, 2003; Robin *et al.*, 2003; Jobling, 2004).

No obstante esta evidencia, no se han encontrado referencias para el reemplazo de aceite animal por vegetal en truchas en la etapa de precosecha; la dinámica de depositación de los ácidos grasos durante esta etapa no está bien documentada, en términos de la magnitud de la recuperación del perfil de ácidos grasos ni en el tiempo que demora el proceso.

Este estudio corresponde a la segunda fase de un ensayo, en la primera fase, los peces distribuidos en dos tratamientos, fueron alimentados durante un período de 10 semanas con 2 dietas que contenían diferentes proporciones de aceites vegetales (Dieta 1: 70% aceite de soya + 30% de aceite de pescado; y Dieta 2: 57% aceite de soya + 13% de aceite de linaza + 30% de aceite de pescado) con el objetivo de medir el efecto del perfil de ácidos grasos de la dieta sobre el perfil de ácidos grasos en el filete; en esta fase, se plantea estudiar la recuperación en ácidos grasos ω -3 (EPA y DHA) en el filete de estas truchas al incluir sólo aceite de pescado en la dieta de término.

Dados los antecedentes expuestos anteriormente, se plantea lo siguiente:

Hipótesis:

El reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta de término de trucha arcoíris, aumentará el contenido de EPA y DHA en el filete, sin afectar el comportamiento productivo.

Objetivo general

Evaluar la recuperación de EPA y DHA y la respuesta en comportamiento productivo, ante el reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado en la dieta de término de trucha arcoíris.

Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto del reemplazo de aceite vegetal por aceite de pescado, sobre el perfil de ácidos grasos (EPA y DHA) en el filete de trucha arcoíris.
2. Evaluar el efecto de la realimentación con aceite de pescado, sobre características de calidad de canal de trucha arcoíris.
3. Evaluar el efecto de la realimentación con aceite de pescado, sobre el comportamiento productivo en trucha arcoíris.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Lugar del estudio

El presente estudio se realizó en el centro de cultivo “Caguache” perteneciente a la empresa Salmones Antártica S.A., ubicado en la comuna de Castro, región de Los Lagos.

El alimento fue formulado y elaborado en la Planta de Alimentos de la empresa Salmones Antártica S.A., ubicada en la comuna de Los Ángeles, región del Biobío (Cuadro 2).

Los análisis para la determinación de la composición en ácidos grasos de la dieta elaborada y aceite extraído de los filetes de trucha arcoíris, se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo en Grasas y Aceites (CIDGRA), de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, región Metropolitana.

El análisis de las dietas elaboradas y de las muestras de filete se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal, del Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, región Metropolitana.

Peces

Se utilizaron 8 jaulas de un tren de balsa jaula, de 30 x 30 x 16 m, distribuidas para cada tratamiento, según se indica en la Figura 4, cada una con aproximadamente 75.000 truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), con un peso promedio aproximado de 2.100 g.

Tratamiento control	Tratamiento 2	Tratamiento 1	Tratamiento 1	Tratamiento 1
Tratamiento control	Tratamiento 2	Tratamiento 2	■	■

Figura 4. Distribución de jaulas en el ensayo de alimentación.

Dieta

La dieta se formuló a través del software N-utrition, la cual fue isoenergética e isoproteica respecto a las dietas entregadas en el ensayo previo realizado por José Caquilpán (Apéndice II, Cuadro 15), la cual se entregó durante 12 semanas previas a la cosecha (Cuadro 2 y 4).

Equipos e instrumentos utilizados:

- Balanza electrónica con una sensibilidad de 1g, para las mediciones de peso total y peso del filete.
- Balanza electrónica: con una sensibilidad de 0,001g, para las mediciones de peso de vísceras e hígado.
- Equipo Minolta Chroma Meter CR-200 para la medición de color instrumental.
- Texturómetro para determinar la resistencia al corte en el músculo.
- Cromatógrafo de gases HP 5890 Serie II con detector FID (Mezcla de aire e hidrógeno). Columna capilar de SP 2560 de 100 m y grosor de película 0.25 μm . Gas de arrastre Hidrógeno extra puro. Temperatura programada entre 160 y 200°C.
- Ictiómetro: para determinar largo de horquilla de las truchas.
- Cabina de iluminación controlada: para realizar la determinación de color bajo condiciones estándar de luminosidad.

Métodos

Diseño experimental.

El diseño del experimento fue completamente al azar, con 3 tratamientos y 3 repeticiones para tratamiento 1 y tratamiento 2, y 2 repeticiones para el control, correspondiendo cada repetición a una jaula, siendo la unidad experimental cada trucha arcoíris o cada jaula dependiendo de análisis realizado.

Este estudio corresponde a la segunda fase de un ensayo; en la primera fase los peces distribuidos en dos tratamientos, fueron alimentados durante un período de 10 semanas con 2 dietas que contenían diferentes proporciones de aceites vegetales (Dieta 1: 70% aceite de soya + 30% de aceite de pescado; y Dieta 2: 57% aceite de soya + 13% de aceite de linaza + 30% de aceite de pescado) (Cuadro 1) (Caquilpán, 2011).

En esta fase del ensayo, las 6 jaulas provenientes del ensayo anterior, recibieron la misma dieta, con aceite de pescado en reemplazo de los aceites vegetales. La formulación de la dieta se describe en el cuadro 2 y 4, a estas jaulas se sumaron dos más, que constituyeron el grupo control.

Los tratamientos se distribuyeron acorde al tipo de alimentación recibida con anterioridad al inicio de este ensayo, estableciéndose 3 grupos:

- Tratamiento Control: Corresponde al grupo que recibió dieta estándar, con aceite de pescado por 10 semanas previo al inicio de este ensayo.
- Tratamiento 1: Corresponde al grupo que recibió la Dieta 1 en el ensayo previo.
- Tratamiento 2: Corresponde al grupo que recibió la Dieta 2 en el ensayo previo.

Se hizo una evaluación de la condición inicial de las truchas en el centro de cultivo antes de iniciar la alimentación, los datos de esta evaluación corresponden a los presentados para el muestreo de Junio en cada cuadro.

Luego de esto se procedió a distribuir el alimento en las 8 jaulas según tratamiento y repetición, mediante alimentación automática.

Cuadro 1. Composición de las dietas utilizadas en el ensayo previo realizado por José Caquilpán (% del total).

Ingredientes	Dietas	
	Tratamiento 1 (%)	Tratamiento 2 (%)
Harina pescado	36,5	36,5
Triticale	15,5	15,5
Gluten de maíz	15,0	15,0
Poroto soja/girasol*	15,0	15,0
Mix aceite soja/lecitina soja**	10,8	8,8
Aceite pescado	4,6	4,6
Reproceso***	2,0	2,0
Aceite de lino	0,0	2,0
Premix DSM	0,5	0,5
Pigmento	0,1	0,1

*Mezcla 90% poroto de Soja desactivado y 10% semilla de Girasol.

**Mezcla 50% aceite de Soja y 50% lecitina de Soja.

***Alimento obtenido desde la línea de producción y reincorporado a esta.

Fuente: Caquilpán, 2011

Cuadro 2. Composición de la dieta utilizada en este ensayo (% del total).

Ingredientes	%
Harina Pescado	50,4
Poroto de Soya	3,5
Lupino	3,5
Trigo	15,5
Reproceso*	2,0
Gluten de maíz	5,0
Aceite Pescado	19,6
Pigmento	0,08
Premix DSM	0,5

*Alimento obtenido desde la línea de producción y reincorporado a ésta.

Fuente: Salmones Antártica S.A.

Se realizaron cuatro muestreos (n=4) al inicio, 4^{ta}, 8^{va}, y 12^{va} semana post inicio de la alimentación donde se tomaron al azar cuatro peces por jaula, realizándose en cada muestreo y para cada individuo, las mediciones de las variables descritas a continuación.

Variables medidas

Sobre las muestras tomadas al inicio del ensayo (n = 3 por jaula) y posteriormente cada cuatro semanas (n = 4 por jaula), las cuales fueron sacrificadas siguiendo los protocolos establecidos por Salmenes Antártica S.A. tratando de evitar el sufrimiento innecesario de las truchas, se procedió a realizar las siguientes mediciones:

- **Peso Total (PT):** a cada trucha post desangrado, con balanza electrónica con sensibilidad de 1g.
- **Peso de la canal (PC):** trucha eviscerada con cabeza, registrado con balanza electrónica, con sensibilidad de 1g.
- **Peso de las vísceras (Pvi):** correspondiente a hígado, gónadas, grasa peri visceral y tubo digestivo, registrado con balanza electrónica, con sensibilidad de 1g.
- **Peso del hígado (PH):** registrado con balanza electrónica con sensibilidad de 0,01g, sin vesícula biliar.
- **Longitud de horquilla (L):** medida desde el extremo nasal hasta el borde interno de la aleta caudal.
- **Color:** en el sector posterior a la aleta dorsal, se efectuó una lectura visual con la regla Salmo Fan de Roche®, además de la evaluación de los parámetros L* (Luminosidad), a* (cromaticidad rojo-verde), b* (cromaticidad amarillo-azul), C* (saturación o intensidad de color) y Hue (relación amarillo-rojo) con el equipo Minolta Chroma Meter CR-200, como se muestra en la Figura 5.
- **Resistencia al corte:** en el sector superior anterior del filete en condición fresca, utilizando un texturómetro con émbolo de diámetro 7/16 pulg graduado de 0 a 10 psi, como se muestra en la Figura 6.



Figura 5. Lugar de medición de color



Figura 6. Lugar de medición de resistencia al corte

Con las variables medidas se estimó:

- Factor de condición (K): que representa la relación entre el peso de cada trucha y su longitud

$$K = (PT \cdot L^{-3}) \cdot 100$$

Donde PT es el peso total y L la longitud.

- Rendimiento de la canal (RC):

$$RC = (PC \cdot PT^{-1}) \cdot 100$$

Donde PC es peso de la canal y PT es el peso total.

- Índice Viscerosomático (IVS):

$$IVS = (PVi \cdot PT^{-1}) \cdot 100$$

Donde PVi es peso de vísceras y PV es el peso total.

- Índice Hepatosomático (IHS):

$$IHS = (PH \cdot PT^{-1}) \cdot 100$$

Donde PH es el peso del hígado y PV es el peso total.

Luego de estas mediciones los filetes se mantuvieron sellados al vacío y congelados a -20°C durante cuatro meses hasta su análisis en laboratorio.

De cada filete entero, sin piel y sin espinas, se homogenizó una muestra para determinar proteína cruda, materia seca y ceniza, además de la extracción de grasa y metilación en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas; posteriormente se envió esta muestra al CIDGRA donde se determinó la composición en ácidos grasos por cromatografía gaseosa.

Análisis de Muestras

Se realizaron los siguientes análisis a las muestras de alimento (n=3) y filete (n=4), los cuales se describen a continuación:

- **Materia seca:** se determinó en el filete y alimento por el método gravimétrico en estufa convencional a 105°C (AOAC, 2007).
- **Proteína cruda:** se determinó en el filete y alimento por el método Kjeldahl (AOAC, 2007).
- **Cenizas:** se determinó en el alimento por calcinación completa en mufla a 550°C (AOAC, 2007).
- **Energía bruta:** se determinó en el alimento mediante la combustión de la muestra en un calorímetro de bomba balística (AOAC, 2007).
- **Materia grasa:** se empleó la extracción en frío con cloroformo metanol (Bligh y Dyer, 1959), en filete y alimento (AOAC, 1990), para obtener la muestra para análisis cromatográfico.
- **Metilación de las muestras de aceites** se realizó por el método de trifloruro de boro en metanol según el método Ce2-66 (AOCS, 1993).
- **Perfil de ácidos grasos:** en el aceite extraído de los filetes y muestras de alimento, se realizó por cromatografía gas-líquido y se aplicó el método Ce1c-89(93) (AOCS, 1993). Las condiciones fueron las siguientes: temperatura inicial 160°C, tiempo inicial 3 min., gradiente de temperatura 2°C/min, temperatura final 200°C.

La identificación de cada ácido graso se efectuó mediante la determinación de los tiempos de retención de cada uno de éstos.

Para expresar el porcentaje de ésteres metílicos de cada ácido graso en gramos de ácido graso, se multiplicó el área de la curva de cada éster metílico por su factor de corrección (FC) determinado experimentalmente en el Laboratorio del CIDGRA (Cuadro 3). Se obtiene así los gramos de cada ácido graso en 100 g de materia grasa.

Cuadro 3. Factores de corrección utilizados para transformar porcentaje de ésteres metílicos a g de ácido graso*100g⁻¹ de ácido graso.

Ácidos grasos	Factor de Corrección
SATURADOS	
12:0 Láurico	0,85
14:0 Mirístico	0,96
15:0 Pentadecanoico	0,99
16:0 Palmítico	0,97
17:0 Heptadecanoico	0,89
18:0 Esteárico	0,81
20:0 Eicosanoico	0,89
22:0 Docosanoico	0,88
24:0 Tetracosanoico	0,89
MONOINSATURADOS	
16:1 Palmitoleico	0,95
17:1 Heptadecenoico	0,91
18:1 Eláidico trans	1,03
18:1 Oleico cis	0,87
20:1 Eicosaénoico	0,93
POLIINSATURADOS	
18:2 ω-6 Linoléico	1,19
18:3 ω-6 Octadecatriénoico	0,96
18:3 ω-3 α-linolénico	1,18
18:4 ω-3 Octadecatriénoico	0,96
20:3 ω-6 Eicosatrienoico	0,95
20:4 ω-6 Araquidónico	0,94
20:3 ω-3 Eicosatetrienoico	0,95
20:4 ω-3 Eicosatetraenoico	0,94
20:5 ω-3 Eicosapentaenoico	0,94
22:5 ω-3 Docosapentaenoico	0,93
22:6 ω-3 Docosahexaenoico	0,92

Fuente: CIDGRA.

Para expresar los gramos de cada ácido graso en 100 gramos de filete, se multiplicó el contenido de cada ácido graso en 100 g de grasa por el contenido graso de cada filete corregido por 0,9 (Greenfield y Southgate, 2003).

Análisis de la Dieta

Los análisis realizados sobre las muestras de alimento se presentan en el cuadro 4, mientras que su composición de ácidos grasos, se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 4. Composición proximal de las dietas utilizadas en el ensayo (n=3).

Dieta*	X ± S
Materia seca (%)	90,83 ± 0,66
Grasa (%)	25,47 ± 0,64
Proteína Bruta (%)	38,96 ± 0,43
Cenizas (%)	8,68 ± 0,77
EB (Mcal*kg ⁻¹)	6,09 ± 0,09

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

*Las muestras de alimento elaborado se obtuvieron al inicio, 4^{ta}, 8^{va}, y 12^{va} semana del ensayo.

Cuadro 5. Composición en ácidos grasos de la dieta utilizada (n=3, valores expresado como g AG*100g⁻¹ AG).

Ácidos Grasos	X ± S
Linoléico 18:2 ω-6	16,43 ± 2,67
α-Linolénico 18:3 ω-3	1,99 ± 0,99
Araquidónico 20:4 ω-6	0,79 ± 0,27
Eicosapentaenoico 20:5 ω-3	9,43 ± 1,80
Docosahexaenoico 22:6 ω-3	3,37 ± 0,91
Total ω-3*	18,91 ± 1,61
Total ω-6**	17,34 ± 2,07
Relación ω-3/ ω-6	1,11 ± 0,17

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

*Incluye los ácidos 18:2 ω-6 Ácido Linoléico, 18:3 ω-6 Ácido Decaotatrienoico, 20:3 ω-6 Ácido Eicosatrienoico, 20:4 ω-6 Ácido Araquidónico.

** Incluye los ácidos 18:3 ω-3 Ácido α-linolénico, 18:4 ω-3 Ácido Decaotatetraenoico, 20:3 ω-3 Ácido Eicosatrienoico, 20:4 ω-3 Ácido Eicosatetrienoico, 20:5 ω-3 Ácido Eicosapentaenoico, 22:5 ω-3 Ácido Docosapentaenoico, 22:6 ω-3 Ácido Docosahexaenoico.

Modelo y análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SPSS 19.0, se comprobó normalidad de los datos de todas las variables incluidas en los análisis por medio de una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1974). Se realizó una prueba de homogeneidad de Levene para comprobar que las varianzas entre los grupos son homogéneas (Conover et al., 1981).

Verificados los supuestos señalados anteriormente, se realizaron diferentes análisis de acuerdo a las variables a medir:

- Prueba t para muestras independientes entre los valores inicial y final, para las variables Factor de condición, rendimiento, IHS, IVS, perfil de ácidos grasos (Ac. Linoléico, Ac. α -Linolénico, Ac. Araquidónico, EPA y DHA), color y resistencia al corte, donde la unidad experimental es la trucha.
- Análisis de varianza completamente al azar para las variables Factor de condición, rendimiento, IHS, IVS, perfil de ácidos grasos (Ac. Linoléico, Ac. α -Linolénico, Ac. Araquidónico, EPA y DHA), color y resistencia al corte, donde la unidad experimental es la trucha.

$$Y_i = \mu + A_i + e_i$$

Donde, Y_i es la observación de Factor de condición, rendimiento, IHS, IVS, perfil de ácidos grasos (Ac. Linoléico, Ac. α -Linolénico, Ac. Araquidónico, EPA y DHA), color o resistencia al corte de cada individuo, μ es la media poblacional, A_i es el efecto del tratamiento con tres niveles (control, tratamiento 1 y tratamiento 2) y e_i es el error de medición.

- Para analizar la curva Peso total, Longitud y Factor de condición, se utilizaron los pesos y longitudes al inicio, 4, 8 y 12 semanas, donde se compararon las pendientes (b) e interceptos (a), obtenidos de un análisis de regresión, mediante una prueba t de Student (Zar, 1974) y descritos brevemente a continuación.

En la prueba de comparación de pendientes, la hipótesis nula es que las pendientes a comparar son iguales ($H_0: \beta_1 = \beta_2$) v/s la hipótesis alternativa de que las pendientes son distintas ($H_1: \beta_1 \neq \beta_2$), donde β_1 y β_2 son las pendientes de las curvas de crecimiento obtenidas con los tratamientos 1 y 2.

El procedimiento estadístico involucra una prueba t de Student, donde se comparan dos coeficientes de regresión o pendientes según la siguiente fórmula (el cálculo de estas pruebas de comparación tanto de pendiente como de intercepto se encuentran en el Apéndice I):

$$t_{calculado} = (b_1 - b_2) / s_{b_1, b_2}$$

Donde b_1 y b_2 son los estimadores de las pendientes obtenidos con los tratamientos 1 y 2, respectivamente:

$$s_{b_1, b_2} = \sqrt{\left[(s^2_{yx})_p / \left(\sum x^2 \right)_1 \right] + \left[(s^2_{yx})_p / \left(\sum x^2 \right)_2 \right]}$$

Se rechaza la H_0 si $|t_{calculado}| \geq t^{\alpha/2}_{(n_1+n_2-4)gl}$ (Zar, 1974), donde n_1 y n_2 son los números de individuos muestreados de los tratamientos 1 y 2 respectivamente.

Para los casos en que acepta H_0 , adicionalmente se aplicó un test de comparación de elevaciones o interceptos, también basado en t de Student, ya que, las curvas podrían tener la misma pendiente, pero ser paralelas.

En este caso la hipótesis nula es que las curvas tienen la misma elevación ($H_0: \alpha_1 = \alpha_2$) v/s la hipótesis alternativa que ambas curvas tienen elevaciones distintas ($H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$), donde α_1 y α_2 son los interceptos de las curvas para los tratamientos 1 y 2 (Zar, 1974).

En este análisis el estadístico calculado corresponde a:

$$t_{calculado} = (a_1 - a_2) - b_c(x_1 - x_2) / \sqrt{\left\{ (s^2_{yx})_p \left[1/n_1 + 1/n_2 + (x_1 - x_2)^2 / \left(\sum x^2 \right)_1 + \left(\sum x^2 \right)_2 \right] \right\}}$$

Donde b_c corresponde al coeficiente de regresión común (o ponderado) y es un estimador de las pendientes b_1 y b_2 de ambos tratamientos y se calcula según la siguiente fórmula:

$$b_c = \left[\left(\sum xy \right)_1 + \left(\sum xy \right)_2 \right] / \left[\left(\sum x^2 \right)_1 + \left(\sum x^2 \right)_2 \right]$$

En estas fórmula x_1 y x_2 son los promedios de la variables independientes para los tratamientos 1 y 2 y s_{b_1, b_2} ya se definió en la ecuación descrita para comparación de pendientes. Nuevamente se rechaza la H_0 si $|t_{calculado}| \geq t^{\alpha/2}_{(n_1+n_2-3)gl}$ (Zar, 1974).

Como se compararon tres grupos entre sí para una prueba t , el nivel de α se corrigió utilizando el método secuencial de Bonferroni (Rise, 1989).

Finalmente y para cada prueba estadística, se estimó la potencia posterior de los análisis realizados (Buchner *et al.*, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición en ácidos grasos en el aceite extraído del filete

Los datos obtenidos de las mediciones realizadas en este ensayo, se ajustan a la curva de normalidad, así como también las varianzas son homogéneas entre sí.

Ácido Linoléico

El contenido de ácido linoléico (18:2 ω -6) en los filetes de las truchas en el muestreo inicial (Junio), presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mayor el contenido de ácido linoléico en el tratamiento 1 con respecto al control y al tratamiento 2. Luego de 12 semanas de alimentación (Septiembre), todos los tratamientos muestran valores menores sin diferencias significativas (P -value=0,646) entre ellos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición en ácidos grasos de filetes de trucha arcoíris al inicio (Junio) y al final del ensayo (Septiembre). Valores expresados como g de AG en 100g de filete entero.

ÁCIDO GRASO		Junio			Septiembre		
		X \pm S		n	X \pm S		n
Linoléico	T. Control	3,96	\pm 0,42 ^{Aa}	3	3,10	\pm 0,48 ^{Ba}	8
	T 1	4,95	\pm 0,46 ^{Ab}	9	3,15	\pm 0,43 ^{Ba}	12
	T 2	4,41	\pm 0,57 ^{Aab}	9	2,95	\pm 0,61 ^{Ba}	12
α -linoléico	T. Control	0,48	\pm 0,05 ^{Aa}	3	0,39	\pm 0,07 ^{Aa}	8
	T 1	0,60	\pm 0,06 ^{Aab}	9	0,39	\pm 0,07 ^{Ba}	12
	T 2	0,73	\pm 0,11 ^{Ab}	9	0,44	\pm 0,11 ^{Ba}	12
Araquidónico	T. Control	0,03	\pm 0,01 ^{Aa}	3	0,03	\pm 0,02 ^{Aa}	8
	T 1	0,06	\pm 0,04 ^{Aa}	9	0,04	\pm 0,02 ^{Aa}	12
	T 2	0,05	\pm 0,03 ^{Aa}	9	0,04	\pm 0,01 ^{Aa}	12
Eicosapentaenoico	T. Control	0,33	\pm 0,04 ^{Aa}	3	0,72	\pm 0,11 ^{Ba}	8
	T 1	0,43	\pm 0,07 ^{Aa}	9	0,59	\pm 0,07 ^{Bb}	12
	T 2	0,42	\pm 0,07 ^{Aa}	9	0,52	\pm 0,14 ^{Ab}	12
Docosaheptaenoico	T. Control	0,32	\pm 0,04 ^{Aa}	3	0,54	\pm 0,11 ^{Ba}	8
	T 1	0,54	\pm 0,10 ^{Ab}	9	0,45	\pm 0,06 ^{Ba}	12
	T 2	0,52	\pm 0,10 ^{Ab}	9	0,47	\pm 0,11 ^{Aa}	12
TOTAL ω -3	T. Control	1,40	\pm 0,14 ^{Aa}	3	2,20	\pm 0,34 ^{Ba}	8
	T 1	1,88	\pm 0,26 ^{Ab}	9	1,86	\pm 0,17 ^{Aab}	12
	T 2	2,01	\pm 0,32 ^{Ab}	9	1,80	\pm 0,39 ^{Ab}	12
TOTAL ω -6	T. Control	4,05	\pm 0,44 ^{Aa}	3	3,27	\pm 0,49 ^{Ba}	8
	T 1	5,07	\pm 0,47 ^{Ab}	9	3,26	\pm 0,44 ^{Ba}	12
	T 2	4,50	\pm 0,57 ^{Aab}	9	3,06	\pm 0,63 ^{Ba}	12
Relación ω 3/ ω 6	T. Control	0,34	\pm 0,00 ^{Aa}	3	0,67	\pm 0,07 ^{Ba}	8
	T 1	0,37	\pm 0,03 ^{Aa}	9	0,58	\pm 0,05 ^{Bb}	12
	T 2	0,45	\pm 0,04 ^{Ab}	9	0,59	\pm 0,06 ^{Bb}	12

Los valores corresponden al promedio (X) \pm desviación estándar (S).

Letras mayúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada fila (entre inicio y final por tratamiento)

Letras minúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada columna (entre tratamientos)

Valores de t y P -value se encuentran en el Apéndice IV, Cuadro 20.

¹Total ω -3 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:3 α -linoléico, 18:4 Octadecatríenoico, 20:3 Eicosatetrióenoico, 20:4 Eicosatrienoico, 20:5 Eicosapentaenoico, 22:5 Docosapentaenoico, 22:6 Docosaheptaenoico.

²Total ω -6 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:2 Linoléico, 18:3 Octadecatríenoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Araquidónico.

Las diferencias al inicio del ensayo se deben a que las truchas del tratamiento 1 habían sido alimentadas con una dieta que contenía aceite de soya (Apéndice II, Cuadro 16), lo cual se ve reflejado en el alto contenido de ácido linoléico, en comparación al tratamiento 2, donde las truchas fueron alimentadas con una proporción de 57 y 13% de soya/linaza respectivamente del total de aceite y el tratamiento control que fue alimentado siempre con aceite de pescado. Se ha descrito que al incrementar los niveles de aceite de soya en las dietas de trucha arcoíris, se logran mayores niveles de ácidos grasos ω -6, especialmente en ácido linoléico en comparación al resto de éstos ácidos grasos ω -6 (Brandsen *et al.*, 2003), situación que también ha sido descrita para salmón del Atlántico (Hardy *et al.*, 1987; Menoyo *et al.*, 2007).

Al comparar el contenido de linoléico durante el transcurso del ensayo (Cuadro 6), se observaron diferencias significativas para cada tratamiento (P -value=0,023;<0,001;<0,001 para los tratamientos control, 1 y 2 respectivamente), tendiendo los niveles de ácido linoléico en el filete a disminuir en el tiempo (Figura 7a). Estos resultados indican una disminución de 40% y 30% para el tratamiento 1 y 2 respectivamente, reflejado por la disminución de este ácido graso en la dieta debido al cambio de aceite vegetal por animal.

Esta disminución ha sido descrita por varios autores, los cuales concuerdan en que el reemplazo de aceites vegetales por aceite de pescado en las dietas produce una disminución en el contenido de ácido linoléico en el filete, lo cual es influenciado por el bajo aporte de ácidos grasos ω -6 del aceite de pescado en comparación a los aceites vegetales (Santibáñez, 2003; Bell *et al.*, 2004; Turchini y Francis, 2009; Turchini *et al.*, 2010).

Ácido α -linolénico

El contenido de ácido α -linolénico (18:3 ω -3) en el filete al inicio del ensayo fue mayor para el tratamiento 2, con diferencias significativas (P -value<0,001) sólo sobre el control (Cuadro 6). Debido a que el aceite de linaza contiene una mayor cantidad de este ácido graso en comparación al aceite de soya y pescado, al aumentar su inclusión en la dieta, aumenta también la cantidad en el filete (Caballero *et al.*, 2002; Mourente y Bell, 2006; Turchini *et al.*, 2009). Sin embargo, al final del ensayo, no se encontraron diferencias significativas (P -value>0,05) entre los tratamientos.

Al comparar el contenido de ácido α -linolénico en los filetes de las truchas al inicio y al final del ensayo, se observaron diferencias significativas para el tratamiento 1 y 2 (P -value>0,001 para ambos tratamientos), debido a que las dietas con las que fueron alimentadas las truchas en el ensayo previo a éste, contenían niveles mayores de dicho ácido graso, mientras que en este ensayo y debido al reemplazo de aceite vegetal por aceite animal en la dieta, los niveles de ácido α -linolénico en el filete, tienden a disminuir en el tiempo (Cuadro 6 y Figura 7b).

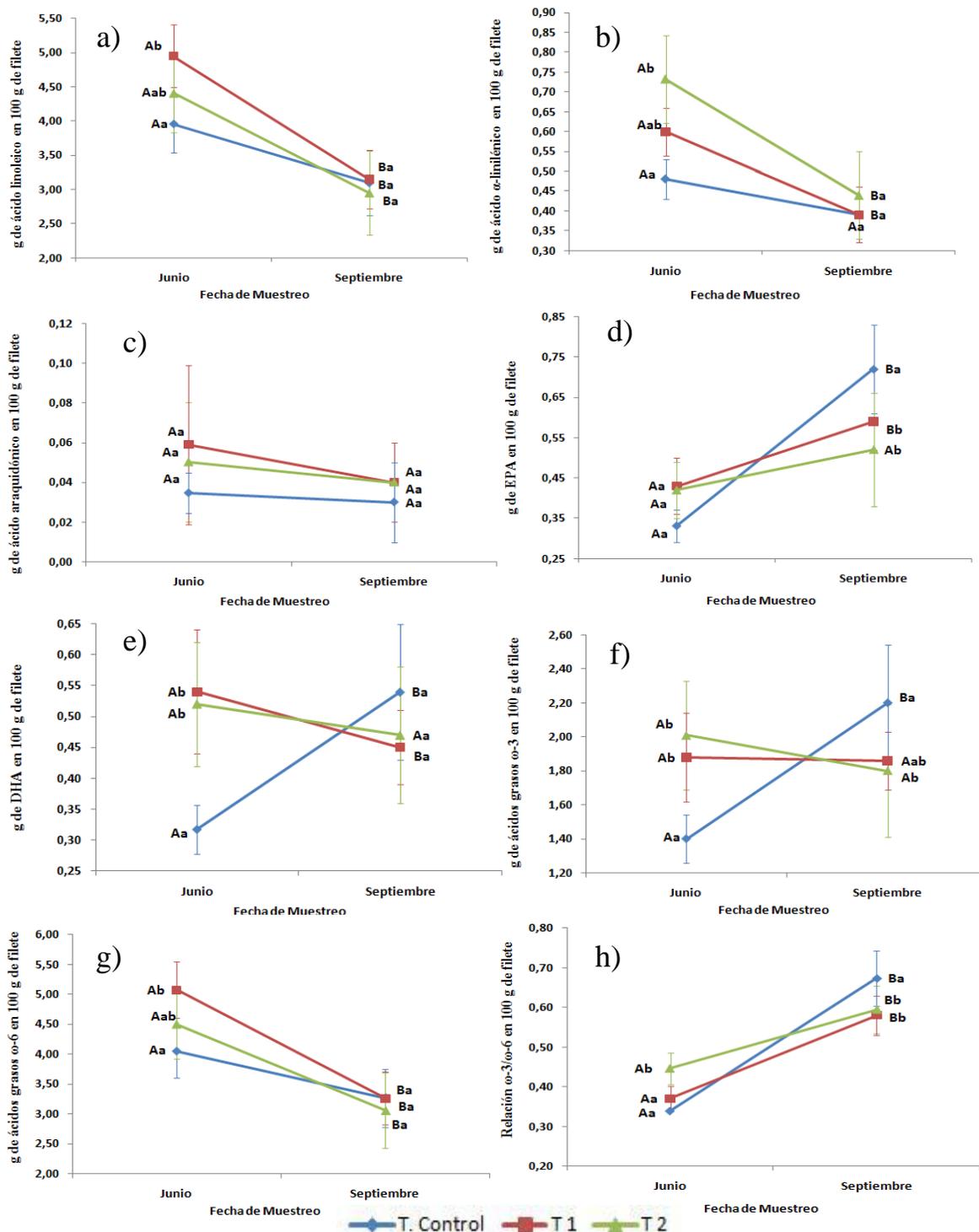


Figura 7. Contenido de cada ácido graso en 100 g de filete de las truchas del tratamiento control, tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2) durante el ensayo: (a) Ácido linoláico, (b) Ácido α -Linolénico, (c) Ácido araquidónico, (d) Ácido Eicosapentaenoico (e) Ácido Docosahexaenoico, (f) Total ácidos grasos ω -3, (g) Total ácidos grasos ω -6, (h) Relación ácidos grasos ω -3/ ω -6. Letras mayúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) entre inicio y final por tratamiento. Letras minúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) entre tratamientos.

Ácido Araquidónico

Los resultados indican que el ácido araquidónico (20:4 ω -6) es el ácido graso menos afectado por la composición de la dieta, al no presentar diferencias significativas entre los tratamientos al inicio, ni al final del ensayo (P -value=0,316 y 0,433 respectivamente) (Cuadro 5), manteniéndose los valores en el tiempo para cada tratamiento (Cuadro 5 y Figura 7c), aún cuando la dieta suministrada en este ensayo presenta un contenido de ácido araquidónico superior a las dietas utilizadas en el ensayo anterior para los tratamientos 1 y 2 (0,79 g de ácido Araquidónico en 100g de AG en la dieta de este ensayo vs 0,23 y 0,32 g de ácido Araquidónico en 100g de AG en las dietas del ensayo anterior para los tratamientos 1 y 2 respectivamente).

Al analizar la composición en ácidos grasos de filetes de trucha arcoíris con un peso promedio inicial de 127g, Bell *et al.* (2004), no encontraron diferencias significativas para el ácido araquidónico, luego de suministrar dietas basadas principalmente en aceite de pescado y aceite de linaza en diferentes proporciones durante 40 semanas.

Por otra parte, Stubhaug *et al.* (2005), tampoco encontraron diferencias significativas (P -value>0,05), en el contenido de ácido araquidónico en aceite proveniente de hígado de salmón del Atlántico, con un peso promedio de 2045g alimentados por 12 meses con un 75% de aceites vegetales comparado con peces alimentados con un 100% de aceite de pescado.

Ácido Eicosapentaenoico (EPA)

El ácido eicosapentaenoico (20:5 ω -3) no presentó diferencias significativas (P -value=0,118) entre los tratamientos en el muestreo de Junio (Cuadro 6); a diferencia de lo que se observa al término del ensayo, donde el tratamiento control presenta mayores valores con diferencias significativas (P -value<0,001).

La tendencia del EPA es a aumentar en el tiempo, al comparar el contenido de EPA en los filetes de las truchas entre el inicio y el final del ensayo. Se observaron diferencias significativas en el tratamiento control y el tratamiento 1 (P -value<0,001) (Cuadro 6 y Figura 7d).

Alasalvar *et al.* (2002) y Cahu *et al.* (2004) señalan que los peces en su estado silvestre poseen en el filete una mayor cantidad de PUFA ω -3, especialmente EPA y DHA, mientras que los peces que reciben dietas comerciales, presentan en el filete un menor contenido de estos ácidos grasos, debido a la inclusión de aceites vegetales en la dieta, que son pobres en ácidos grasos ω -3 y ricos en ω -6, estos resultados concuerdan con los presentados por otros autores (Guillou *et al.*, 1995; Caballero *et al.*, 2002; Bell *et al.*, 2004); lo que explica la baja cantidad de EPA en los filetes al inicio en los tratamientos 1 y 2.

Turchini y Francis (2009), han documentado el metabolismo de los ácidos grasos en trucha arcoíris, destacando su capacidad de elongar y desaturar el ácido α -linolénico a EPA; sin embargo, señalan que ésta conversión es ineficiente, como consecuencia de la ingesta de

alimentos ricos en ácidos grasos ω -6 a lo largo del tiempo, debido a que el metabolismo de los ácidos grasos ω -6 es más demandante de la elongasa y las desaturasas Δ 5 y Δ 6, lo que explicaría que no se hayan observado diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 al inicio del presente ensayo.

Los peces del tratamiento control que fueron alimentados solamente con aceite de pescado antes y durante este ensayo, y por lo tanto deberían haber presentado valores iniciales de EPA superiores a los observados, como respuesta al mayor contenido de EPA del aceite de pescado en comparación a los aceites vegetales (Turchini *et al.*, 2009); sin embargo, no fue así (Cuadro 5). Este resultado pudo verse influenciado por el bajo número de peces muestreados al inicio, lo que afectó la potencia de la prueba estadística ($1-\beta=0,95$), o bien, a problemas con la dieta formulada.

Los resultados de Bell *et al.* (2004), señalan que en salmón del Atlántico (127g peso inicial), la realimentación con aceite de pescado, luego del reemplazo de éste por aceite de linaza durante un período de 40 semanas, provoca un aumento en el contenido de EPA en el filete, alcanzando un valor equivalente al 80% del control; este valor es semejante al encontrado en este ensayo (82% para tratamiento 1 y 71% para tratamiento 2). Sin embargo presentaron valores menores a los de este ensayo; 4,1 para el testigo vs los 5,93 para el tratamiento control y 3,8 para truchas alimentadas con aceite de linaza en comparación a 4,77 para el tratamiento 2 (Estos datos están en base a $g*100 g^{-1}$ de grasa, ver Apéndice III, Cuadro 15).

Resultados semejantes entrega Caballero *et al.* (2002), para trucha arcoíris de 250 g peso inicial y alimentadas con una dieta que contenía 50% de aceite de pescado y 50% de aceite de linaza, en comparación a una dieta con 100% aceite de pescado por un período de 64 días, donde encontraron una disminución de hasta un 25% para EPA en el filete comparado al control; este valor es similar al encontrado en este ensayo al comparar el control con el tratamiento 2 (30%).

Por su parte, Mourente y Bell (2006), trabajaron con robalos de 5g de peso inicial, los que fueron alimentados por 64 semanas con dietas que contenían aceite animal y vegetal (40/60), y luego con una dieta con aceite de pescado como fuente lipídica durante 14 semanas; los resultados indican que aun cuando aumentó el nivel de EPA en el filete al término, los valores alcanzaron un 60% comparados con el testigo; resultados algo inferiores a los obtenidos en el presente ensayo donde los tratamientos 1 y 2, presentaron valores de EPA un 80% y 70% menores que el control respectivamente; hay que considerar las diferencias en especie y peso inicial.

Ácido Docosahexaenoico (DHA)

Al inicio del ensayo los tratamientos presentaron diferencias significativas (P -value=0,005) en el contenido de DHA (Cuadro 6), con la salvedad que el menor valor se presentó para el control, resultado que no se explica por la dieta consumida que tenía una mayor cantidad de aceite de pescado.

Al término del ensayo, no se observaron diferencias significativas (P -value=0,075) entre los tratamientos. Sin embargo, al comparar el contenido inicial de DHA expresado como g por 100 g de filete, con el valor posterior a las 12 semanas de alimentación, el contenido de DHA en el tratamiento control, aumentó significativamente (P -value=0,007) a diferencia del resto de los tratamientos cuyos valores se mantuvieron en el tiempo (Cuadro 6 y Figura 7e).

Bell *et al.* (2003a) en filete de post-smolts de salmón del Atlántico, obtuvieron valores de DHA de 12,8 ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de grasa) en el grupo alimentado con la dieta que contenía solo aceite de pescado como fuente lipídica, mientras que los peces que se alimentaron con la dieta que contenía 8% de aceite de lino (en comparación al 13% de este ensayo), presentaron valores cercanos a 9,5 ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de grasa), resultados muy superiores a los 4,48; 3,77 y 4,25 ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de grasa) obtenidos para control, tratamiento 1 y tratamiento 2 del presente estudio respectivamente (Apéndice III, Cuadro 15), lo cual nos indicaría que 12 semanas puede ser muy poco tiempo para recuperar niveles de DHA en el filete.

Contenido total de ácidos grasos ω -3

El contenido total de ácidos grasos ω -3 (18:3 α -Linolénico, 18:4 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatetrienoico, 20:4 Eicosatrienoico, 20:5 Eicosapentaenoico, 22:5 Docosapentaenoico y 22:6 Docosahexaenoico), presentó diferencias significativas (P -value=0,014) entre los tratamientos al inicio del ensayo, siendo menor el tratamiento control (Cuadro 5), lo cual no fue lo esperado debido a que la dieta con aceite de pescado tenía una mayor cantidad de éstos ω -3 que los aceites vegetales (Cuadro 5 y Apéndice 2, Cuadro 16).

Diferente situación se observó al término del ensayo (Septiembre), donde el tratamiento control presenta el mayor valor, con diferencias significativas respecto al tratamiento 1 y 2 (P -value=0,025), indicando claramente un aumento favorable al tratamiento control en el tiempo, mientras que el tratamiento 1 y tratamiento 2 se mantienen, con una ligera tendencia a disminuir (Cuadro 5 y Figura 7f).

La mayor proporción de ω -3 en el tratamiento control puede ser explicada por el aumento sostenido en EPA y DHA en el tiempo, a diferencia de los tratamientos 1 y 2, donde sólo el nivel de EPA presenta un incremento, mientras que DHA se mantiene, con una leve disminución, contrariamente a lo señalado por otros autores (Bell *et al.*, 2004; Mourente y Bell, 2006; Turchini *et al.*, 2010), quienes han observado un aumento en los niveles de EPA y DHA al reemplazar el aceite vegetal por aceite de pescado, los resultados de este ensayo podrían explicarse principalmente por el contenido de DHA de la dieta (Cuadro 3),

y por otra parte, el tiempo de alimentación podría ser insuficiente para provocar una buena recuperación.

Los valores de ω -3 corresponden principalmente al aporte entregado por el EPA y DHA que representan el 32% y 24% respectivamente del total de ácidos grasos ω -3, mientras que el ácido α -linolénico representa el 20%. Esta distribución difiere a la presentada por Bell *et al.* (2004), donde el contenido de ácido α -linolénico es prácticamente nulo (5%) y el contenido de DHA representa cerca del 40%, mientras que el contenido de EPA representa el 25% del total de ácidos grasos ω -3 presentes en el filete.

Los mayores aportes al grupo de ácidos grasos ω -3 encontrados en este ensayo son principalmente por el EPA y DHA, seguidos del α -linolénico, docosapentaenoico, octadecatrienoico, eicosatrienoico y eicosatetrienoico.

Contenido total de ácidos grasos ω -6

Para este análisis, el contenido total de ácidos grasos ω -6 correspondió a la suma de 18:2 Linolénico, 18:3 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatrienoico y 20:4 Araquidónico; al inicio del ensayo se observó un mayor valor en el tratamiento 1 con diferencias significativas (P -value=0,014) sobre los tratamientos control y tratamiento 2 (Cuadro 5), lo cual era esperado, debido a que la dieta 1 entregada en el ensayo anterior contenía aceite de soya en mayor proporción, lo que resultó en un mayor depósito de linolénico (Caquilpán, 2010).

Al término del ensayo, luego de entregar la dieta con aceite de pescado, se observó una disminución significativa de los ω -6 en todos los tratamientos (P -value=0,030;<0,001 y <0,001 para los tratamientos control, 1 y 2 respectivamente), sin que se presenten diferencias significativas entre los tratamientos (P -value=0,569). El bajo aporte de ácidos grasos ω -6 que entrega el aceite de pescado en comparación a los aceites vegetales (Regost *et al.*, 2003), es la principal causa de ésta disminución (Cuadro 5 y Figura 7g).

El ácido linolénico representó aproximadamente el 95% del total de ácidos grasos ω -6 en el filete, seguido del octadecatrienoico, eicosatrienoico y en menor medida por el ácido araquidónico. Las diferencias entre los tratamientos al inicio y al final están dadas por las diferencias en el contenido de linolénico entre las dietas del ensayo 1 y este ensayo; al inicio las dietas del tratamiento 1 y 2 contenían 41,36 y 39,36g de ácido linolénico*100g⁻¹ AG respectivamente, mientras que en este ensayo sólo contenían 16,43g de ácido linolénico*100g⁻¹ AG (Apéndice III, Cuadro 17), lo que explica la disminución en los valores no solo de ácido linolénico, sino también del contenido total de ácidos grasos ω -6 al final del ensayo.

Turchini *et al.* (2010), encontraron valores similares a los obtenidos en este ensayo en salmón del Atlántico (220g peso inicial), donde el ácido linolénico representó el 93% del total de ácidos grasos ω -6 contra el 95% encontrado en este estudio, con dietas que contenían aceite de soya y aceite de linaza. Sin embargo, la cantidad de linolénico encontrada en el filete de las truchas del presente estudio, es menor a la obtenida por estos autores tanto para el tratamiento 2 (13 g de ácido linolénico*100g⁻¹ AG contra un 28g de

ácido linoléico*100g⁻¹ AG obtenido en este ensayo), como para el tratamiento control (4,2g contra 26g de ácido linoléico*100g⁻¹ AG) (Apéndice III, Cuadro 17).

Caballero *et al.* (2002), encontraron valores cercanos a 4,5 g de ω -6*100g⁻¹ de AG, para truchas arcoíris alimentadas con aceite de pescado como fuente lipídica por 64 semanas (26,7g de ω -6 en 100g de AG), muy por debajo a los obtenidos en este ensayo; esto se debería al menor peso de los peces utilizados en el ensayo (250g v/s 2100g), ya que, a mayor peso, mayor es la depositación de ácidos grasos (Menoyo *et al.*, 2006).

Relación de ácidos grasos ω -3/ ω -6

La relación de ácidos grasos ω -3/ ω -6 presentó diferencias significativas (*P-value*<0,001) entre los tratamientos al inicio del ensayo, producto de las dietas utilizadas en el ensayo anterior; siendo mayor la proporción ω -3/ ω -6 en el tratamiento 2 (Cuadro 6) gracias al aporte de ácido α -linolénico que entrega el aceite de linaza, a diferencia del tratamiento 1 que contenía aceite de soya, la cual aporta mayormente ácidos grasos ω -6. Si bien el aceite de pescado tiene un mayor aporte en cuanto a ácidos grasos ω -3 y bajo aporte de ω -6, en comparación a los aceites vegetales, era de esperar que el tratamiento control hubiese obtenido los mayores valores en cuanto a esta relación, sin embargo esto no fue así, debido a los bajos valores encontrados para EPA y DHA en el tratamiento control en este ensayo.

Al término de las 12 semanas de alimentación con aceite de pescado, también se encuentran diferencias significativas (*P-value*=0,003) entre los tratamientos, sin embargo, en este caso el tratamiento control presenta los mayores valores.

Como resultado de la ingestión de la dieta con aceite de pescado, la relación de ácidos grasos ω -3/ ω -6, tiende a aumentar en el tiempo (Figura 7 h), gracias al aporte directo de ácidos grasos ω -3 (EPA y DHA) y el bajo aporte de ácidos grasos ω -6 (especialmente ácido linoléico), con diferencias significativas (*P-value*<0,001 para cada tratamiento) en todos los tratamientos (Cuadro 6).

Bell *et al.* (2003a), en post-smolts de salmón del Atlántico, observaron relaciones ω -3/ ω -6 de 4,4 bajo condiciones de ausencia de materias grasas vegetales en la dieta, mientras que al incluir aceite de linaza en reemplazo del aceite de pescado (2:1; AP: AL), éste disminuyó a 4,1, en comparación al 0,67, y 0,59 encontrados en este ensayo para el tratamiento control y 2 respectivamente, ésto se debe al alto contenido de ácidos grasos ω -6 encontrados en este ensayo, lo que provoca que estos valores sean menores a los obtenidos por otros autores.

Menoyo *et al.* (2007), obtuvieron una relación ω -3/ ω -6 de 6,1 en salmón del Atlántico de 220g de peso inicial luego de alimentar por 12 semanas con aceite de pescado, a diferencia de este ensayo en que el valor obtenido fue 0,67. Sin embargo, al igual que en este ensayo, a medida que el aceite de pescado fue reemplazado por aceite vegetal (maravilla en un 25%), se observó una situación similar al disminuir la relación ω -3/ ω -6, lo cual muestra que para no verse afectada esta relación, al momento de elegir un reemplazante vegetal para el aceite de pescado, se debe de usar aquel que aporte una mayor cantidad de ácidos grasos ω -3 por sobre los ω -6.

También hay que considerar que el perfil de ácidos grasos en el aceite del filete está influenciado por varios factores, tales como la incorporación preferencial al metabolismo de algunos ácidos grasos, la fuente de aceite utilizado en la dieta y la modificación de su estructura a través de la elongación y desaturación de cadena entre otros, para su posterior depósito (Tocher *et al.*, 2002).

La inclusión de aceites vegetales en la dieta, especialmente aquellos ricos en ácido α -linolénico, puede incrementar los procesos de elongación y desaturación de estos ácidos grasos a nivel molecular para producir EPA y DHA ante la ausencia éstos (Wing-Keong *et al.*, 2007; Turchini *et al.*, 2010). Sin embargo, la capacidad que poseen los salmónidos de sintetizar ácidos grasos altamente insaturados a través de la elongación y desaturación, se ve afectada por el estado de desarrollo de los peces, disminuyendo con la edad, además del origen de los ácidos grasos de la dieta (Bell *et al.*, 2001).

Esto sugiere que las reacciones pueden proceder tan lentamente, que la inducción dietaria no produciría cambios significativos en la composición ácido grasa de los tejidos (Bell *et al.*, 2001), lo que podría haber sucedido en el presente ensayo, debido al gran tamaño de los peces y el poco tiempo de suministro de aceite de pescado en la dieta.

Efecto de la dieta sobre el contenido lipídico del filete

El contenido de lípidos en el filete disminuyó levemente hacia el termino del ensayo, aún cuando los pesos totales en esta etapa son mayores, a excepción del grupo control que presenta un leve aumento (Cuadro 7), sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P>0,33$) entre los tratamientos. La composición química de los filetes muestreados en Septiembre, se adjunta en el Apéndice V, Cuadro 25.

Cuadro 7. Contenido lipídico de los filetes de trucha arcoíris al inicio (Junio) y al final (Septiembre) del ensayo para cada tratamiento. Valores expresados como g de materia grasa•100 g de filete

Tratamiento	Junio		Septiembre	
	X ± S	n	X ± S	n
T. Control	12,2±1,4 ^a	3	13,63±2,34 ^a	8
Tratamiento 1	14,6±2,0 ^a	9	13,32±1,73 ^a	12
Tratamiento 2	14,3±1,8 ^a	9	11,98±2,32 ^a	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$).

Los valores están expresados en base a 63% de humedad (promedio de humedad del total de filetes analizados).

El mayor contenido de grasa, se asocia a mayor peso, lo que se demuestra al comparar el contenido lipídico del tratamiento 1 con el control, cuyos pesos totales son mayores a los presentados por el tratamiento 1 (Figura 9), donde se observan valores mayores en cuanto al contenido graso del filete. Sin embargo, ocurre totalmente lo contrario con el tratamiento 2, ya que, éste presenta los mayores pesos totales dentro del ensayo (Figura 9), no obstante sus valores de contenido lipídico, son los menores.

El contenido de grasa de las truchas del presente estudio fue mayor al presentado por Turchini *et al.* (2010), quienes obtuvieron valores entre 9,7 y 9,3% en la misma especie trabajando con peces de 90 g de peso, al ser alimentados con aceites de pescado y linaza, durante 11 semanas. Esta diferencia, puede deberse al mayor peso de los peces utilizados en este ensayo, y además se usó una muestra homogenizada del filete entero incluyendo la grasa de la zona ventral que posee el mayor contenido de grasa dentro del filete (Katikou *et al.*, 2001); mientras que, Turchini *et al.* (2010), utilizaron el corte noruego.

Katikou *et al.* (2001), señala que la cantidad de grasa presente en el filete de salmón del Atlántico varía según el sector del músculo a analizar, obteniendo valores desde 2,37% hasta 18,55% de extracto etéreo en base a peso húmedo (Figura 8).

Situación similar ha sido descrita por Ackman (1967), quien señala que la distribución lipídica en el músculo varía entre las especies de salmones, entre el tipo de músculo y la parte del músculo analizada; para salmón Coho también se ha descrito la distribución de contenido de grasa en la canal, con diferencias semejantes a las encontradas para salmón del Atlántico (Muñoz *et al.*, 2007).

Por ende, y como los PUFA ω -3 son de importancia particular en la salud humana, podría ser que ciertas regiones de los pescados (por el hecho de concentrar un mayor contenido lipídico), acumulan una mayor cantidad de ácidos grasos como EPA y DHA, por ende al consumir estas partes, con una menor inclusión de pescado en la dieta, se podrían obtener los niveles de ω -3 requeridos para satisfacer los requerimientos en humanos (Sargent *et al.*, 2002).

Montero *et al.* (2005), obtuvieron mayores valores de contenido grasa en el filete de robalo, alimentados con aceite de soya, comparados con los que recibieron una dieta con aceite de linaza y aceite de pescado, situación similar a la encontrado en los tratamientos 1 y 2.

Los resultados de engrasamiento revisados en la bibliografía es ampliamente diversa, lo que puede explicarse por la diferencia de peso de los peces utilizados, la especie, el sector del músculo analizado para realizar la extracción de grasa, entre muchos factores, lo que dificulta la comparación.

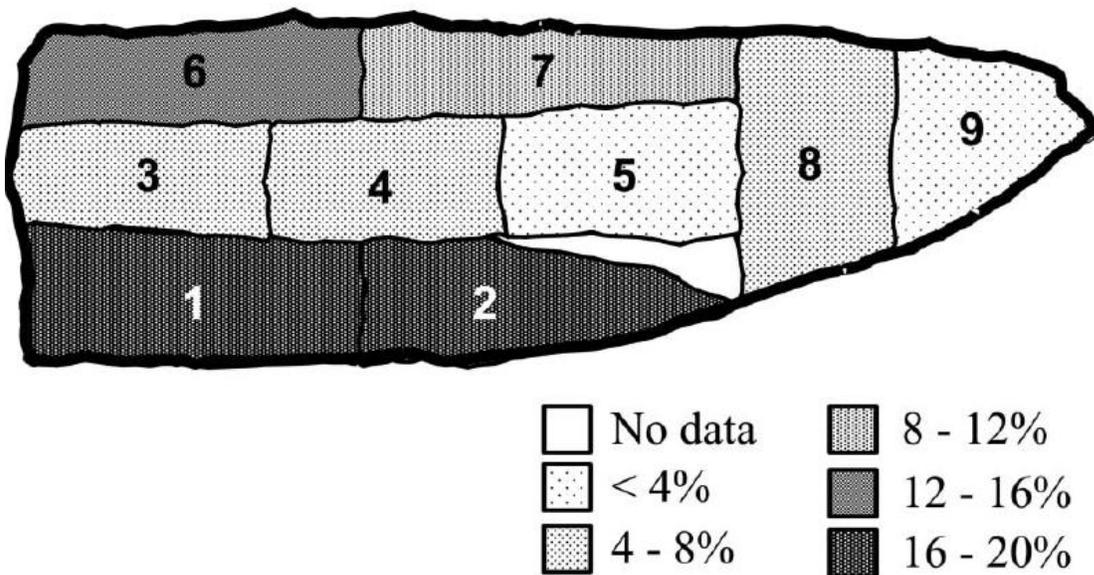


Figura 8. Distribución de lípidos en filete de salmón del Atlántico. Fuente: Katikou *et al.* (2001)

Efecto de la dieta sobre las características de calidad de canal

Color

El color medido al inicio y al final del ensayo con la Regla Salmo Fan®, no presenta diferencias significativas (P -value= 0,297 y 0,071 respectivamente) entre los tres tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Color visual e instrumental en filetes de truchas arcoíris para los distintos tratamientos al inicio y final del ensayo.

Parámetro		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	n
Regla Salmo Fan	T. Control	25,33±1,53 ^{Aa}	3	29,00±1,07 ^{Ba}	8
	T 1	25,22±1,09 ^{Aa}	9	30,08±0,67 ^{Ba}	12
	T 2	26,00±0,87 ^{Aa}	9	29,00±1,35 ^{Ba}	12
L*	T. Control	47,71±0,72 ^{Aa}	3	44,09±4,30 ^{Aa}	8
	T 1	51,50±3,38 ^{Aa}	9	41,46±3,10 ^{Ba}	12
	T 2	48,53±2,43 ^{Aa}	9	48,62±2,51 ^{Ab}	12
a*	T. Control	5,78±0,94 ^{Aa}	3	8,19±2,09 ^{Ba}	8
	T 1	7,25±0,70 ^{Ab}	9	7,17±1,31 ^{Aa}	12
	T 2	6,67±1,08 ^{Aab}	9	7,06±1,33 ^{Aa}	12
b*	T. Control	26,17±2,49 ^{Aa}	3	23,53±3,39 ^{Aa}	8
	T 1	26,10±2,97 ^{Aa}	9	19,58±2,47 ^{Bb}	12
	T 2	23,47±3,81 ^{Aa}	9	28,42±3,26 ^{Bc}	12
C*	T. Control	26,80±2,61 ^{Aa}	3	24,04±2,90 ^{Aa}	8
	T 1	27,10±2,98 ^{Aa}	9	20,92±2,18 ^{Bb}	12
	T 2	24,40±3,93 ^{Aa}	9	29,30±3,42 ^{Bc}	12
Hue	T. Control	77,58±1,12 ^{Ab}	3	70,43±6,28 ^{Aa}	8
	T 1	74,39±1,46 ^{Aa}	9	69,65±4,97 ^{Ba}	12
	T 2	74,09±1,25 ^{Aa}	9	76,10±1,61 ^{Bb}	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Letras mayúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada fila (entre inicio y final por tratamiento).

Letras minúsculas diferentes expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada columna (entre tratamientos).

Valores de t y P -value se encuentran en el Apéndice IV, Cuadro 21.

El parámetro L* no presentó diferencias significativas al inicio (P -value=0,7) entre los tratamientos, mientras que al final se encuentran valores mayores para el tratamiento 2 (P -value<0,001) (Cuadro 8).

El parámetro a* presenta diferencias significativas (P -value=0,027) al inicio obteniéndose los menores valores en el tratamiento control, mientras que al final no se encuentran diferencias significativas al (P -value=0,246) entre los tratamientos (Cuadro 8).

El parámetro b*, al igual que C*, no presenta diferencias significativas al inicio (P -value=0,262 y 0,280 respectivamente) entre los tratamientos, mientras que al final del

ensayo se encuentran diferencias significativas ($P\text{-value}<0,001$ para ambos parámetros), los cuales presentan valores diferentes entre los tres tratamientos (Cuadro 8).

La relación amarillo-rojo (Hue), presenta diferencias significativas tanto al inicio como al final del ensayo ($P\text{-value}=0,004$ y $0,003$ respectivamente) entre los distintos tratamientos, encontrándose en un principio valores mayores para el tratamiento control, lo cual se invierte al final donde se presentan mayores valores en el tratamiento 2 (Cuadro 8).

La tendencia de los parámetros L^* , b^* , C y Hue es a disminuir en el tiempo, a excepción del tratamiento 2 donde presentan un aumento en el tiempo, lo que demuestra que los filetes de este tratamiento son los más claros del ensayo.

Al momento de analizar el color mediante la Regla Salmo Fan, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos al inicio ni al final del ensayo ($P\text{-value}=0,297$ y $0,071$ respectivamente) situación similar a la encontrada por Wing-Keong *et al.* (2007), en trucha arcoíris y salmón del Atlántico alimentados con distintos niveles de sustitución de aceite de pescado por aceite de palma.

Bjerkeng *et al.* (1997) y Regost *et al.* (2001), señalan que al incrementar los niveles lipídicos en la dieta, los niveles de L^* , a^* , b^* y C^* tienden a aumentar, mientras que sobre el valor de Hue no existe un claro efecto del nivel de lípidos, situación diferente a la observada en el presente ensayo donde en el muestreo de Septiembre para el tratamiento 2, que presenta un menor contenido lipídico, se encuentran los mayores valores de los parámetros medidos, a excepción de a^* que es mayor para el tratamiento control.

Si bien el tratamiento control al final del ensayo posee un mayor valor de a^* , los filetes de las truchas del tratamiento 1 son aquellas que presentan el color más intenso en relación al grupo control y tratamiento 2, esto explicaría el menor valor de Hue encontrado. Además en el tratamiento 2 se observan menores valores para a^* y mayores valores de L^* y b^* , lo que indica que los filetes tienen menor coloración y poseen una mayor luminosidad, sin embargo no presentan diferencias significativas ($P\text{-value}=0,071$) ante la evaluación visual.

Resistencia al corte

Los valores de resistencia al corte o textura de los filetes presentaron diferencias significativas tanto al inicio como al final del ensayo (P -value < 0,001 y 0,015 respectivamente), obteniéndose los mayores valores para el grupo control sobre el tratamiento 1 y 2 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resistencia al corte de los filetes de trucha arcoíris para los distintos tratamientos al inicio (Junio) y final del ensayo (Septiembre), valores expresados en psi.

Parámetro		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	n
Resistencia al corte	T. Control	3,90±0,44 ^{Ab}	3	2,91±0,74 ^{Ab}	8
	T 1	2,23±0,25 ^{Aa}	9	2,32±0,41 ^{Aa}	12
	T 2	2,16±0,20 ^{Aa}	9	2,28±0,30 ^{Aa}	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Letras mayúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value < 0,05) en cada fila (entre inicio y final por tratamiento).

Letras minúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value < 0,05) en cada columna (entre tratamientos).

Valores de t y P -value se encuentran en el Apéndice IV, Cuadro 22.

Si bien el valor de resistencia al corte para los tratamientos 1 y 2 tiende a aumentar levemente en el tiempo, el tratamiento control tiende a disminuir, sin embargo, estos valores no presentan diferencias significativas para cada tratamiento entre el inicio y el final del ensayo (P -value = 0,063; 0,6 y 0,282 para los tratamientos control, 1 y 2 respectivamente).

Rosenlund *et al.* (2001), en salmón del Atlántico, alimentado con diferentes dietas que incluían mezclas de aceites como raps, linaza, palma o soja, en comparación con los salmones alimentados con dietas que sólo contenían aceite de pescado, no encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) en la textura del filete a diferencia de este ensayo, lo que puede deberse a la gran diferencia entre los valores de resistencia al corte encontrados en el inicio del ensayo.

Parámetros Morfométricos

Todos los tratamientos presentaron un aumento en el peso total en el tiempo (Figura 9), sin embargo, el peso promedio al término del ensayo fue mayor para el tratamiento 2, manteniendo la superioridad que presentaba desde el inicio del ensayo. En el ensayo realizado previamente a éste, al momento de realizar la distribución al azar de las jaulas de los distintos tratamientos, coincidieron las jaulas del tratamiento 2 con los peces que presentaban un mayor peso.

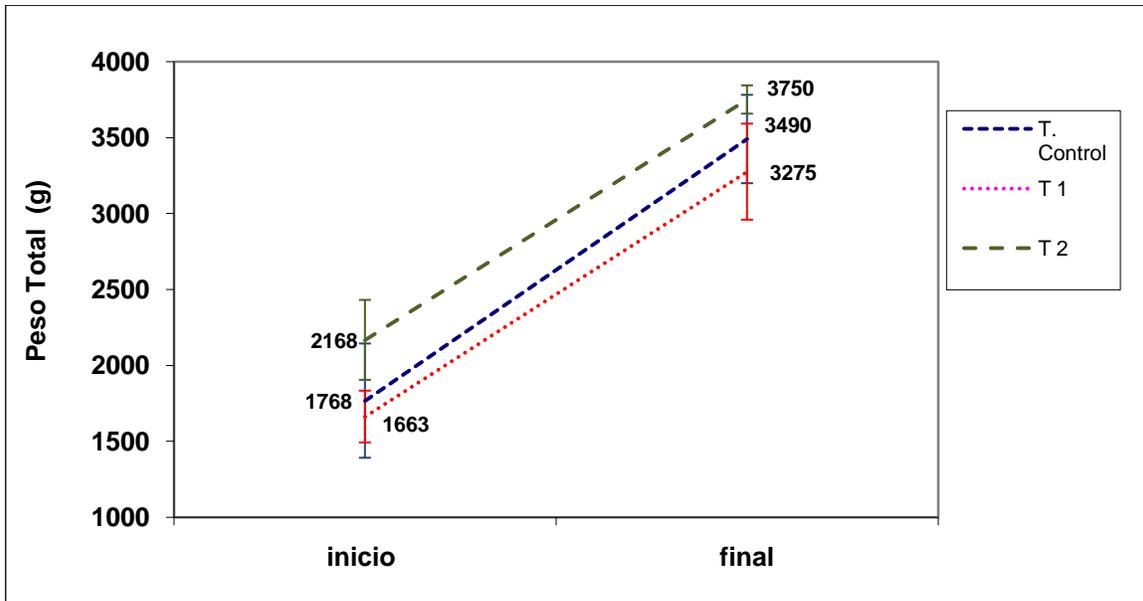


Figura 9. Peso promedio (g) de las truchas de cada tratamiento, al inicio y final del ensayo.

Tanto Caballero *et al.* (2002) como Pratoomyot *et al.* (2008), no encontraron diferencias significativas ($P\text{-value} > 0,05$) para el peso total en trucha arcoíris y salmón del Atlántico respectivamente luego de ser alimentadas con dietas que contenían diferentes proporciones de aceite de raps, soya y aceite de pescado, en comparación a aquellas que siempre fueron alimentadas con aceite de pescado como fuente lipídica.

El peso de canal sigue una tendencia similar a la obtenida para peso total en el tiempo, donde el tratamiento 2 presentó un mayor peso de canal que el resto de los tratamientos tanto al inicio como al final del ensayo (Figura 10).

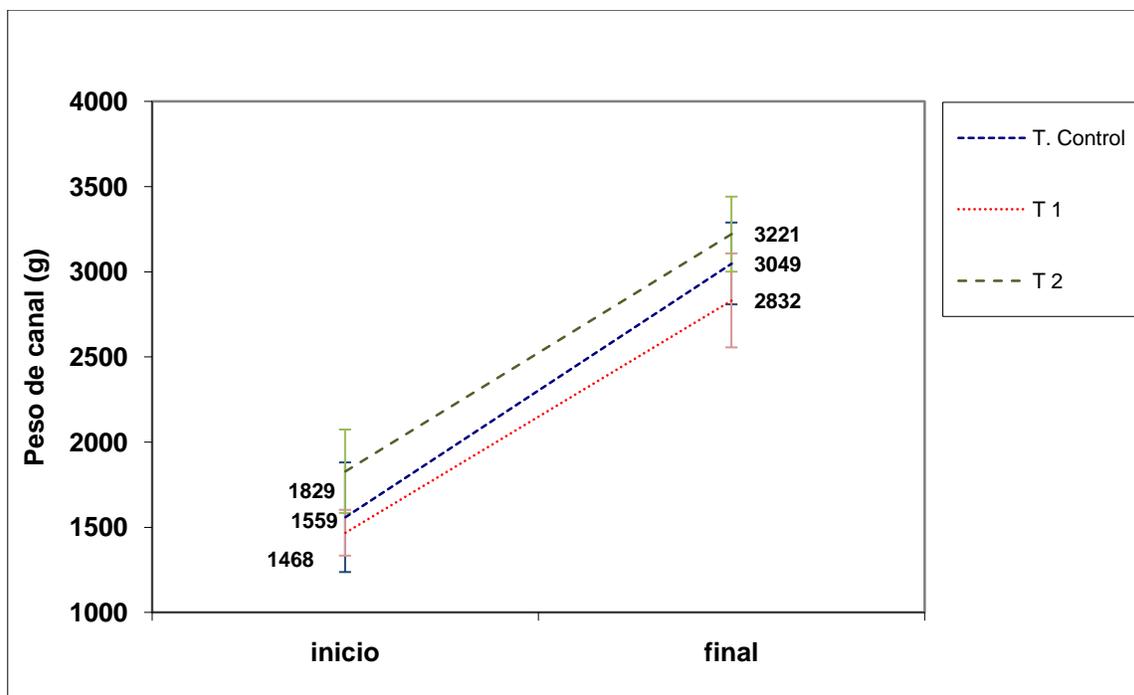


Figura 10. Peso de canal (g) al inicio (Junio) y final (Septiembre) del ensayo para cada tratamiento.

Los valores de peso de vísceras y peso de hígado siguieron una tendencia similar al peso total en el tiempo, observándose que el tratamiento 2 presenta mayores valores tanto al inicio como al final, producto del mayor peso total de este grupo. (Cuadro 10).

Cuadro 10. Peso vísceras, peso hígado y longitud de horquilla de las truchas arcoíris al inicio (Junio) y final (Septiembre) del ensayo para cada tratamiento.

Parámetro		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	N
Peso Vísceras (g)	T. Control	178,33±55,95	3	425,25±47,69	8
	T 1	175,89±41,34	9	416,16±77,26	12
	T 2	303,33±36,19	9	480,96±61,50	12
Peso Hígado (g)	T. Control	19,33±4,62	3	45,13±4,55	8
	T 1	18,18±5,47	9	41,08±5,88	12
	T 2	30,89±7,33	9	48,87±5,37	12
Longitud de horquilla (cm.)	T. Control	45,33±1,53	3	55,88±1,83	8
	T 1	44,44±1,59	9	56,08±2,07	12
	T 2	44,91±2,11	9	56,60±1,93	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Las diferencias observadas en cuanto al peso de vísceras y del hígado (Cuadro 9), pueden explicarse por el mayor peso total que presentaron las truchas del tratamiento 2 durante todo el ensayo, en comparación con las truchas del grupo control y tratamiento 1. Se ha señalado que los aceites vegetales promueven la acumulación de adiposidad en el tejido

visceral (Nanton *et al.*, 2007) y el hígado (Menoyo *et al.*, 2006) en salmón del Atlántico. Sin embargo, Montero *et al.* (2005), no encontró diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$) en el peso de hígado de robalo alimentados por 8 meses con dietas que contenían aceite de pescado con diferentes proporciones de aceite de soya, aceite de raps o aceite de linaza.

Longitud de horquilla

Los valores de longitud de horquilla siguen una tendencia a aumentar durante el desarrollo del ensayo, sin embargo el grupo control presentó mayor longitud promedio sobre el resto de los tratamientos, situación que cambió al final del ensayo con una longitud mayor para el tratamiento 2 en comparación al grupo control y tratamiento 1 (Cuadro 10).

Caballero *et al.* (2002), al reemplazar el aceite de pescado por diversas fuentes de aceites vegetales como: soya (50%), raps (61%), palma (40%) y oliva (30%) en trucha arcoíris por 64 días, no encontraron diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$) en la longitud de las truchas entre los diferentes tratamientos.

Situación similar a la descrita por Mourente y Bell (2006), en la cual tampoco señalan diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$) en robalo alimentados con dietas en las cuales se reemplazaba parte del aceite de pescado por aceite de raps, linaza y palma en comparación a peces alimentados con aceite de pescado como única fuente lipídica.

Índices Calculados

Factor de condición

Los valores de factor de condición (K) de las truchas presentaron diferencias significativas (P -value=0,006) al inicio del ensayo, siendo mayores para el tratamiento 2, mientras que al final del ensayo, no se encuentran diferencias significativas (P -value=0,410) entre los distintos tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Factor de condición y Rendimiento de canal de las truchas arcoíris para los distintos tratamientos al inicio (Junio) y final del ensayo (Septiembre).

Parámetro		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	N
Factor de condición (K)	T. Control	1,88±0,22 ^{Aa}	3	2,01±0,24 ^{Aa}	8
	T 1	1,90±0,21 ^{Aa}	9	1,87±0,24 ^{Aa}	12
	T 2	2,36±0,35 ^{Ab}	9	2,07±0,21 ^{Aa}	12
Rendimiento (%)	T. Control	88,23±0,72 ^{Aa}	3	87,41±0,94 ^{Aa}	8
	T 1	88,34±1,88 ^{Aa}	9	86,48±2,14 ^{Aa}	12
	T 2	84,31±1,68 ^{Ab}	9	85,89±1,24 ^{Aa}	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Letras mayúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada fila (entre inicio y final por tratamiento)

Letras minúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada columna (entre tratamientos)

Valores de t y P -value se encuentran en el Apéndice IV, Cuadro 23.

Los resultados obtenidos del factor de condición se pueden explicar debido principalmente al mayor peso de las truchas del tratamiento 2 tanto al inicio como al final del ensayo, ya que la longitud de horquilla fue similar para todos los tratamientos. Caballero et al, (2002) encontraron valores para K similares en truchas arcoíris de 250 g, alimentadas por 64 días, los cuales van desde 1,99 para dietas con uso de aceite de pescado a valores de 1,97 en dietas que reemplaza el 50% del aceite de pescado por aceite de soya.

Regost *et al.* (2001) al experimentar con tres niveles de grasa en la dieta (Bajo, Medio y Alto), señala que a mayor cantidad de grasa en la dieta, mayores son los valores de K, debido al mayor depósito de grasa.

Menoyo *et al.* (2005), al realizar un estudio en salmón del Atlántico de 220 g alimentados durante 12 semanas con dietas que contenían aceite de lino hasta en un 100% en reemplazo del aceite de pescado, no encontraron diferencias significativas, al igual que Mourente y Bell (2006), en robalo de 5g alimentados por 64 semanas con dietas que contenían un reemplazo del 60% del aceite de pescado por aceites vegetales, para luego ser alimentadas por 14 semanas con dietas que contenían un 100% de aceite de pescado.

Los valores de K tienden disminuir en el tiempo, a excepción del tratamiento control. Sin embargo no se encuentran diferencias significativas para cada tratamiento entre el inicio y el final (P -value=0,438; 0,726 y 0,202 para los tratamientos control 1 y 2 respectivamente) (Cuadro 11).

Rendimiento de canal

Los valores de rendimiento de canal de las truchas presentan diferencias significativas (P -value<0,001) al inicio del ensayo, encontrándose menores valores para el tratamiento 2, situación que no se observa al término del ensayo (Cuadro 11).

A su vez, estos mismos valores tienden disminuir en el tiempo para cada tratamiento sin encontrarse diferencias significativas entre el inicio y el final del ensayo (P -value=0,208; 0,053 y 0,132 para los tratamientos control 1 y 2 respectivamente) (Cuadro 11).

Montero *et al.* (2005) en robalo de 75 g al reemplazar un 60% de aceite de pescado por aceite de soya, raps o linaza, para luego realimentar por 150 días con aceite de pescado, al igual que en este ensayo, no encontraron diferencias significativas (P -value>0,05) en cuanto al rendimiento de canal.

Situación similar a la encontrada por Bell *et al.* (2003b), quienes al incluir aceite de raps en dietas de salmón del Atlántico entre 163 y 185g durante 16 semanas y luego alimentar por 12 semanas con una dieta de término en la que solo se incluía aceite de pescado, tampoco encontraron diferencias significativas (P -value>0,05) en relación al rendimiento de canal.

Índice viscerosomático

Los valores de IVS presentan diferencias al inicio del ensayo, con un mayor valor para el tratamiento 2, atribuible al mayor peso total inicial de este tratamiento con diferencias significativas (P -value<0,001). En el tiempo, el índice aumenta en forma significativa para el grupo control y tratamiento 1, y disminuye en el tratamiento 2 (P -value=0,009; 0,022 y 0,019 respectivamente), este comportamiento se puede atribuir al mayor peso total del tratamiento 2 durante todo el ensayo, donde finalmente la tasa de crecimiento corporal es mayor a la tasa de depositación grasa o de crecimiento de las vísceras, lo que se traduce en una menor incidencia en el peso de canal (Cuadro 12). Los resultados indican que no hay diferencias (P -value>0,580) entre los tratamientos al término del ensayo.

Cuadro 12. Índice viscerosomático (IVS) e Índice hepatosomático (IHS) de las truchas arcoíris para los distintos tratamientos al inicio (Junio) y final del ensayo (Septiembre).

Parámetro		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	N
IVS (%)	T. Control	9,98±1,2 ^{Aa}	3	12,18±0,92 ^{B a}	8
	T 1	10,48±1,71 ^{Aa}	9	12,52±1,94 ^{Ba}	12
	T 2	14,06±1,51 ^{Ab}	9	12,83±0,65 ^{Ba}	12
IHS (%)	T. Control	1,09±0,14 ^{Aa}	3	1,29±0,08 ^{Ba}	8
	T 1	1,08±0,27 ^{Aa}	9	1,26±0,20 ^{Aa}	12
	T 2	1,42±0,22 ^{Aa}	9	1,30±0,07 ^{Aa}	12

Los valores corresponden al promedio (X) ± desviación estándar (S).

Letras mayúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada fila (entre inicio y final por tratamiento).

Letras minúsculas distintas expresan diferencias significativas (P -value<0,05) en cada columna (entre tratamientos).

Valores de t y P -value se encuentran en el Apéndice IV, Cuadro 24.

Liu *et al.* (2004), presentan valores menores a los encontrados en este ensayo en truchas arcoíris de 46g alimentadas por 16 semanas con una dieta que utilizaba aceite de pescado (IVS de 10,5%) y reemplazando una parte de éste por aceite de soya (IVS de 10,7%), pero al igual que en este ensayo presentan mayores valores en dietas con aceite vegetal que aceite de pescado, debido al mayor peso de los peces.

Caballero *et al.* (2002) y Turchini *et al.* (2003), en trucha arcoíris de 250 g y trucha café de 58g respectivamente, al igual que este estudio no se encontraron diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$), al momento de medir valores de IVS ante el reemplazo del 50% del aceite de pescado por aceite vegetal (soya y raps).

Índice hepatosomático

Los valores de índice hepatosomático (IHS), se mantienen en el tiempo, a excepción del tratamiento control, cuyo valor tiende a aumentar, sin embargo, no presentan diferencias significativas entre los tratamientos tanto al inicio como al final del ensayo ($P\text{-value}=0,096$ y $0,763$ respectivamente) (Cuadro 12).

Mourente y Bell (2006), al realizar un ensayo con robalo con un peso inicial de 5 g, los cuales fueron alimentados 64 semanas con 2 dietas, las cuales utilizaban aceite de pescado como fuente lipídica en un 100% y en una relación 40/60, donde el 60% era utilizado por aceites vegetales tales como raps, linaza y palma en diferentes proporciones, encontraron valores de 2,2 y 2,8 respectivamente para IHS, los cuales son superiores a los de este ensayo, lo que puede ser provocado por el menor tamaño de los peces utilizados.

Los valores presentados anteriormente, son similares a los encontrados por Montero *et al.* (2005) en robalo (2,55 y 2,57), alimentados con dietas que contenían hasta un 60% de reemplazo de aceite de pescado por aceite de linaza, soya y raps por 8 meses para luego realimentar con dietas que contenían un 100% de aceite de pescado por 150 días. Sin embargo, aún siendo mayores estos valores, no presentan diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$) entre sí para ambos casos.

Coincidiendo con los resultados expresados anteriormente, se encuentran los de Menoyo *et al.* (2005), quienes al alimentar salmón del Atlántico de 220 g con dietas que contenían hasta un 100% de aceite de lino en reemplazo de aceite de pescado, tampoco encuentran diferencias significativas para IHS ($P\text{-value}>0,05$).

Según Jobling *et al.* (2002), existiría un diferente patrón de depositación de grasa en el cuerpo de los peces, dependiendo del tamaño del pez, depositando una mayor cantidad de grasa en el filete que en el hígado a medida que el pez va aumentando en tamaño y del origen dietario de los lípidos, los aceites vegetales favorecen la depositación de grasa corporal, por sobre los de origen animal, por lo que los peces del tratamiento 2 presentan mayores pesos totales y de hígado, por ende mayores valores de IHS y a su vez menor rendimiento, tanto al inicio como al final del ensayo.

Comparación de pendientes e intercepto

Para ajustar los datos de las curvas realizadas para peso total, longitud y factor de condición, se calculó el coeficiente de determinación (R^2) lineal para cada parámetro (Cuadro 13). Los valores promedio para cada parámetro medido en cada muestreo, se adjuntan en el Apéndice VI, Cuadro 26.

Cuadro 13. Coeficiente de determinación (R^2) utilizado para ajustar los datos de las curvas.

Parámetro	Tratamiento Control (n=23)	Tratamiento 1 (n=45)	Tratamiento 2 (n=45)
Peso total (g)	0,592	0,615	0,567
Longitud (cm)	0,697	0,763	0,732
Factor de Condición	0,038	0,025	0,107

Los resultados presentados en cuadro 14, demuestran que existen diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$) en las variables de peso total, longitud de horquilla y factor de condición al comparar las curvas de crecimiento entre los distintos tratamientos, sin embargo las elevaciones de éstas a excepción del peso total, no presentan diferencias significativas ($P\text{-value}>0,05$) para los parámetros de longitud y factor de condición entre los distintos tratamientos.

Cuadro 14. Comparación de pendientes e intercepto de las curvas de crecimiento de las truchas arcoíris para los diferentes tratamientos.

Parámetro	Tratamiento Control (n=23)	Tratamiento 1 (n=45)	Tratamiento 2 (n=45)
<i>Pendiente (b)</i>			
Peso Total (g)	154,221 ^a	126,972 ^b	124,576 ^c
Longitud (cm)	0,942 ^a	0,996 ^b	0,895 ^c
Factor de Condición	0,011 ^a	-0,013 ^b	-0,021 ^c
<i>Intercepto (a)</i>			
Peso Total (g)	1368,832 ^a	1672,96 ^b	1920,404 ^c
Longitud (cm)	43,182 ^a	43,869 ^a	45,051 ^a
Factor de Condición	1,855 ^a	2,024 ^a	2,181 ^a

Letras diferentes en la misma fila expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$)

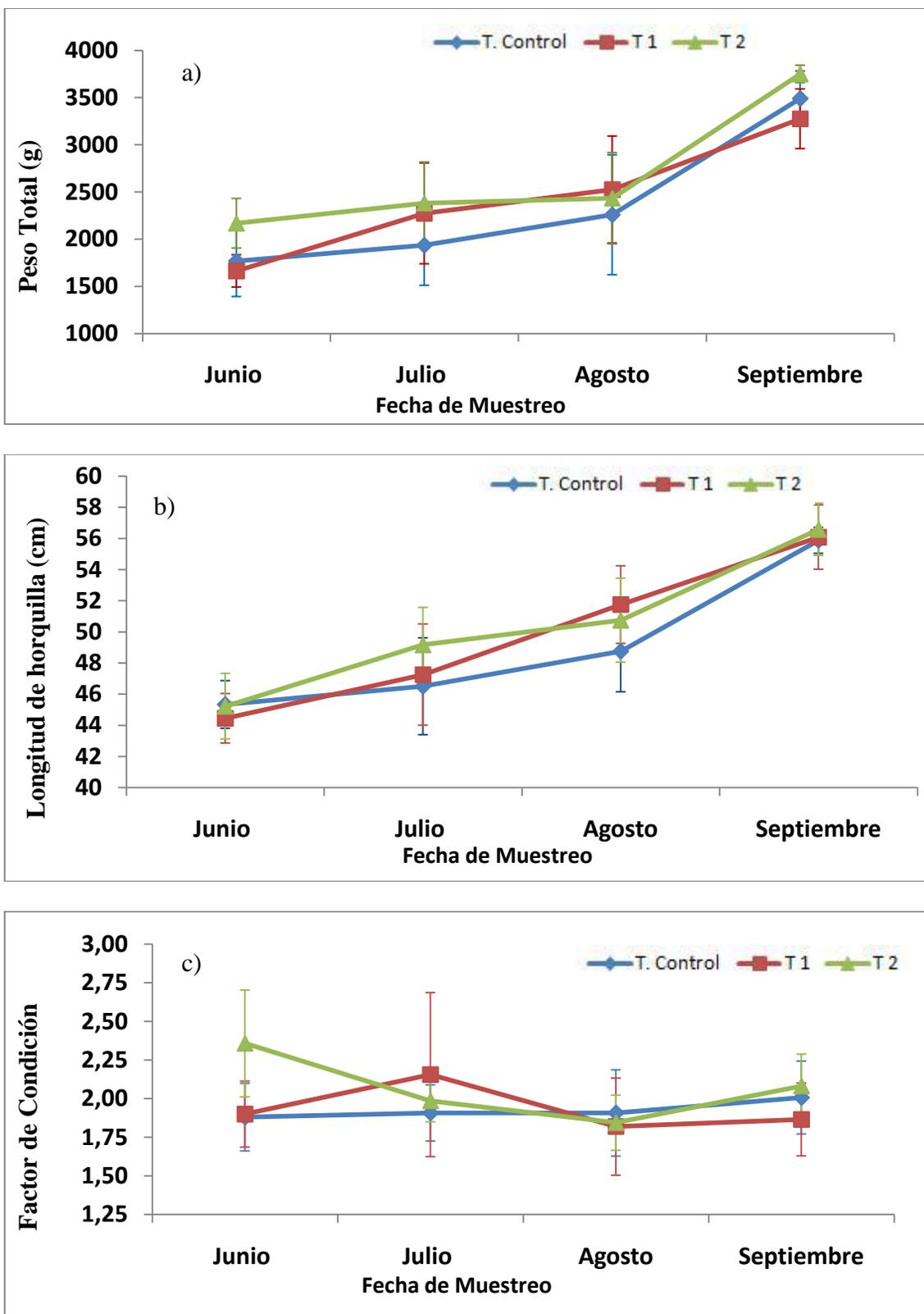


Figura 12. Curvas de: a) Peso total, b) Longitud de horquilla, c) Factor de condición de las truchas arcoíris para los diferentes tratamientos entre los meses de Junio y Septiembre.

El tratamiento control presenta los mayores valores de b para el peso total y para el factor de condición, lo que indica que su pendiente es más pronunciada que la del tratamiento 1 y ésta a su vez es más pronunciada que la del tratamiento 2, lo que indica que las truchas del tratamiento control tienen una mayor ganancia de peso en el tiempo. Para la longitud existe algo similar, solo que esta vez las truchas del tratamiento 1 tienen un mayor crecimiento en el tiempo. Cabe destacar que para los tratamientos 1 y 2, los valores de b para factor de condición, son negativos, lo que indica que éste decae en el tiempo (Figura 12).

Los mayores valores de a encontrados en este ensayo para los diferentes parámetros medidos, los obtuvo el tratamiento 2, lo que indica que la intercepción de la curva de dicho tratamiento con el eje de las ordenadas (eje Y), se produce en un punto más elevado que la curva del tratamiento 1, y ésta a su vez interceptan en un punto mayor que la del tratamiento control; esto se debe a que el tratamiento 2 presenta mayores valores de peso, longitud y factor de condición por sobre el resto de los tratamientos (Figura 12).

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó este estudio se puede concluir que:

La sustitución de aceites vegetales por aceite de pescado en la dieta de truchas de término en condiciones comerciales por 12 semanas aumenta el contenido de EPA en el filete, no así el de DHA.

El reemplazo por 12 semanas de aceites vegetales por aceite de pescado previo a la cosecha, aumenta el contenido de EPA en el filete, alcanzando un 82% comparado a los peces alimentados siempre con aceite de pescado.

El reemplazo de aceites vegetales por aceite de pescado en la dieta, aumenta la relación ω -3/ ω -6 en el filete, al disminuir los niveles de ácido linoléico.

La dieta con aceite de pescado provocó pendientes de crecimiento diferentes según el tratamiento de origen, siendo mayor para las truchas alimentadas siempre con aceite de pescado.

No hubo un efecto del tratamiento sobre el color visual, sin embargo el color instrumental L* y b* fueron mayores en el las truchas alimentadas previamente con una mezcla de soya/linaza y a* fue mayor en las truchas alimentadas siempre con aceite de pescado.

La alimentación con aceites vegetales previa a este ensayo, afecta la característica de resistencia al corte.

Se necesitan estudios posteriores con mayor número de individuos para dilucidar el efecto del tiempo de alimentación con aceite de pescado en la dieta sobre la dinámica de recuperación de EPA y DHA.

BIBLIOGRAFIA

- Ackman, R. 1967. The influence of lipids on fish quality. *J. Food Tech.* 2: 169-181.
- Alasalvar, C., K.D.A. Taylor, E. Zubcov, F. Shahidi and M. Alexis. 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry* 79: 145-150.
- Association of official analytical chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15th ed. Washington, D.C. 2200p.
- AOAC. 2007. Official and tentative methods of AOAC International, Ed. P. Cunnif. Maryland, USA. 2200 p.
- AOCS. 1993. Official methods and recommended practices of American Oil Chemists Soc. 3th Edition, Champaign, Illinois. USA. 2000 p.
- Araya, H y M. Lutz. 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Rev. chil. Nutr.* 30(1): 8-14.
- Bell, J., J. McEvoy, D. Tocher, F. McGhee, P. Campbell and J. Sargent. 2001. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmón (*Salmo salar*) Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid Metabolism. *J. Nutr.* 131:1535-1543.
- Bell, J.G, D.R. Tocher, R.J. Henderson, J.R. Dick and V.O. Crampton. 2003a. 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. *J. Nutr.* 133, 2793-2801.
- Bell, J. G, F. MC Ghee, P. Campbell and J. Sargent. 2003b. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil “wash out”. *Aquaculture* 218: 15–528.
- Bell, J.G, R. Henderso, D. Tocher and J. Sargent. 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: Modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, Vol. 39, nº3: 223-232.
- Bendiksen, E.A., O.K. Berg, M. Jobling, A.M Arnesen and K. Masoval. 2003. Digestibility, growth and nutrient utilization of Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) in relation to temperature, feedfat content oil source. *Aquaculture* 224, 283-299.
- Bjerkeng, B., S. Refstie, K.T. Fjalestad, T. Storebakken, M. Rodbotten, and A.J. Roem. 1997. Quality parameters of the flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by dietary fat content and full-fat soybean meal as a partial substitute for fish meal in diet. *Aquaculture* 157: 297-309.

Brandsen, M., G Carter and P. Nichols. 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance. *Comp. Biochem. Physiol.* 125B: 611-625.

Buchner, A. E. Erdfelder, F. Faul and A. Lang 2007. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 39 (2): 175-191.

Caballero, M., A. Obach, G Rosenlund, D. Montero, M. Gisvold, and M. Izquierdo. 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 214: 253-271.

Cahu, C., P. Salen and M. de Lorgeril. 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutr. Metab. Cardiovasc Dis* 14: 34-41.

Canolainfo. 2010. Health and Nutrition: The Importance of Fat in the Human Diet. Disponible en: <http://www.canolainfo.org/health/index.php> Leído el 10 de Abril de 2011.

Caquilpán, J.M. 2011. Efecto de la composición en ácidos grasos de la dieta, sobre el contenido de ácidos grasos ω -3 y ω -6 en el filete de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 56p.

Conover, W.J., M.E Johnson and M.M Johnson. 1981. A comparative study of tests for homogeneity of variances, with applications to the outer continental shelf bidding data. *Technometrics*. Vol. 23, N° 4: 351-361.

Directorio Aqua. 2010. Estadísticas nacionales e internacionales. Disponible en: <http://www.directorioaqua.com/chile/>. Leído el 30 de Mayo de 2011.

FAO. 2006-2011. Visión general del sector acuícola nacional. Chile. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Norambuena, R. & González, L. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 1 January 2005. [Citado 26 May 2011]. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_chile/es.

Greenfield H. and D. Southgate. 2003. Datos de Composición de Alimentos, Segunda edición, INNFOODS, FAO, Roma. 288p.

Guillou, A., P. Soucy, M. Khalil and L. Adabounou. 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture* 136: 351-362.

Hardy, R.W., T.M. Scott and L.W. Harrel. 1987. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net-pens. *Aquaculture* 65: 267–277.

Jobling, M., A.V. Larsen, B. Andreassen, and R.L. Olsen. 2002. Adiposity and growth of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture* 33: 533-541.

Jobling, M., 2003. Do changes in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fillet fatty acids following a dietary source represent wash-out or dilution? Test of a dilution model and its application. *Aquaculture* 34: 1215-1221.

Jobling, M., 2004. 'Finishing' feeds for carnivorous fish and the fatty acid dilution model. *Aquaculture* 35: 706-709.

Katikou, P., S.I. Hughes and D. Robb. 2001 Lipid distribution within Atlantic salmon (*Salmo salar*) filets. *Aquaculture* 202: 89-99.

Liu, K.K.M., F.T. Barrows, R.W. Hardy and F.M. Dong 2004. Body composition, growth performance, and product quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing poultry fat, soybean/corn lecithin, or menhaden oil. *Aquaculture* 238: 309-328.

Lizama, C. 2011. Modificación de las condiciones de crianza y crecimiento en etapa larval y juvenil en pez cebra (*Danio rerio*). Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 40p.

Menoyo, D., C. Lopez-Bote, A. Obach, and J. Bautista. 2005. Effect of dietary fish oil substitution with linseed oil on the performance, tissue fatty acid profile, metabolism, and oxidative stability of Atlantic salmon. *J. Anim. Sci.* 83:2853-2862.

Menoyo, D., A. Diez, C. Lopez-Bote, S. Casado, A. Obach and J. Bautista. 2006. Dietary fat type affects lipid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and differentially regulates glucose transporter GLUT4 expression in muscle. *Aquaculture* 261:294-304.

Menoyo, D., C. Lopez-Bote, A. Diez, A. Obach and J. Bautista. 2007. Impact of ω -3 fatty acid chain length and ω -3/ ω -6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. *Aquaculture* 267:248–259.

Mitrano, V. 2007. Estabilidad de la harina y aceite de pescado. Disponible en http://www.aqua.cl/programas/pdf/BALANCEHARINAYACEITE_corregido.pdf . Leído el 12 de Mayo de 2010.

Montero, D., L. Robaina, M.J. Caballero, R. Gines and M.S. Izquierdo. 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture* 248: 121 – 134.

Morkore, T. and J. Pickova. 2007. Alternate oils in fish feeds. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: 256–263.

Mourente, G And J.G Bell. 2006. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) over a long term growth study. Effects on muscle and liver fatty acids composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 145: 389-399.

Muñoz,S., A. Mendez, N. Diaz, L. Buttle, J. González. 2007. ‘Quality Map’ for Coho Salmon fillets identifies color, lipid distribution. *Global Aquaculture Advocate*. Vol 3, Issue 3: 26-27.

Nanton, D.A., A. Vegusdal, A.M. Bencze Rora, B. Ruyter, G Baeverfjord and B.E. Torstensen. 2007. Muscle lipid storage pattern, composition, and adipocyte distribution in different parts of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed fish oil and vegetable oil. *Aquaculture* 265:230-243.

NRC. 1993. Nutrient requirements of fish. *Nat. Ac. Press. U.S.A.* 112 p.

Pratoomyot, J., E.A. Bendiksen, J.G Belland D.R. Tocher. 2008. Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 280: 170-178.

Regost, C., J. Arzel, M. Cardinal, M. Laroche, and S.J. Kaushik. 2001. Fat deposition and flesh quality in seawater reared triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. *Aquaculture* 19: 325-345.

Regost, C., J. Arzel, M. Cardinal, G Rosenlundand S.J. Kaushik. 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in Turbot (*Psetta maxima*) 2. Flesh quality properties. *Aquaculture* 220: 737-747.

Rise, W. 1989. Analyzing tables of statistics test. *Evolution*. Vol 43, N°1: 223- 225.

Robin, J., C. Regost, J. Arzel and S. Kaushik, 2003. Fatty acid profile of fish following a change in dietary fatty acid source: model of fatty acid composition with a dilution hypothesis. *Aquaculture* 225: 283-293.

Rosenlund G, A. Obach, M. Sandberg, H. Standal and K. Tveit. 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 32(5):323-328.

Santibañez, D. 2003. El efecto de incorporación de distintos niveles de materias primas vegetales sobre los ácidos grasos poliinsaturados w-3 y w-6 en salmónidos. Tesis en Licenciatura en Ingeniería en Alimentos. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 66p.

Sargent, J., D. Tocher and J. Bell, 2002. The lipids. pp 181–257. *In*: Halver, J. and R. Hardy, (3th Ed.), Fish Nutrition Academic Press, San Diego, USA. 824 p.

Simopoulos, A.P. 2000. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Sci.* 79: 961-970.

Stubhaug, I., D.R. Tocher, J.G Bell, J.R. Dick and B.E Torstensen. 2005. Fatty acid metabolism in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) hepatocytes and influence of dietary vegetable oil. *Biochimica et Biophysica Acta* 1734: 277-288.

Tacon, A.GJ. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados, Manual de capacitación. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S00.htm>. Leído el 23 de enero de 2010.

Thomassen, M.S. and C. Rosjo. 1989. Different fats in feed for salmon: influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. *Aquaculture* 79: 129–135.

Tocher, D. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Rev Fish Sci.* 11:107-84.

Tocher, D., J. Fonseca-Madrigal, J. Bell, J. Dick, R. Henderson and J. Sargent. 2002. Effects of diets containing linseed oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiol. Biochem.* 26:157-170.

Turchini, GM., T. Mentasti, L. Froyland, E. Orban, F. Caprino, V.M. Moretti and F. Valfré. 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture* 225: 251-267.

Turchini, G and D. Francis. 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β -oxidation) in rainbow trout fed fish oil- or linseed oil- based diets. *British Journal of Nutrition* 102: 69-81.

Turchini, G, B. Torstensen and Wing-Keong 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 1: 10-57.

Turchini, GM, D.S. Francis, R.S.J. Keast and A.J. Sinclair. 2010. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/i.foodchem.2010.06.083.

Valenzuela, A. 2005. El Salmón: Un banquete de salud. *Rev. Chil. Nutr.* 32(1): 8-17.

Valenzuela, A., J. Sanhueza y S. Nieto. 2000. Ácidos grasos omega-3 de cadena larga en la nutrición humana y animal: Un modelo de alimentos funcionales. *Rev. Chil. Nutr.* 27(3): 345-351.

Valenzuela, A., y S. Nieto. 2001. Ácido docosahexaenoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno-infantil. *Rev. Méd. Chile.* 129 (10):1203-1211. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0034-98872001001000015&script=sci_arttext Leído 10 de Julio de 2011.

Wing-Keong, Ng, D. Tocher and J.G Bell. 2007. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmónid species. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109:394-399.

Zar, J.H. 1974. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall Inc., New Jersey, 620p.

APENDICE I

1.- Cálculo prueba de comparación de pendientes para peso total, tratamiento 1 v/s tratamiento 2.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2$$

$$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2$$

Tratamiento 1:

$$\sum x^2 = 2688$$

$$\sum xy = 823112$$

$$b_1 = 126,972$$

$$n = 45$$

$$SC\ error_1 = 15,308$$

$$gl\ error_1 = n_1 - 2 = 43$$

Tratamiento 2:

$$\sum x^2 = 2688$$

$$\sum xy = 887936$$

$$b_2 = 124,576$$

$$n = 45$$

$$SC\ error_2 = 16,619$$

$$gl\ error_2 = n_2 - 2 = 43$$

$$(s_{y^2x})_p = \frac{SC\ error_1 + SC\ error_2}{gl\ error_1 + gl\ error_2} = \frac{15,308 + 16,619}{43 + 43} = \frac{39,927}{86} = 0,3712442$$

$$s_{b_1-b_2} = \sqrt{\frac{(s_{y^2x})_p}{(\sum x^2)_1} + \frac{(s_{y^2x})_p}{(\sum x^2)_2}} = \sqrt{\frac{0,3712442}{2668} + \frac{0,3712442}{2668}} = 0,01662$$

$$t = \frac{b_1 - b_2}{s_{b_1-b_2}} = \frac{126,972 - 124,576}{0,01662} = \frac{2,396}{0,01662} = 144,163932$$

$$v = 43 + 43 = 86 (v \approx \infty)$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\alpha/3 = 0,01667$$

$$t_{\alpha/3} = 2,87008544889845$$

$$P - value < 0,00001$$

$$t_{\alpha(2),86} = 2,442 \therefore se\ rechaza\ H_0.$$

2.- Cálculo prueba de comparación de interceptos para peso total, tratamiento 1 v/s tratamiento 2.

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2$$

$$H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2$$

Tratamiento 1:

$$\sum x^2 = 2688$$

$$\sum xy = 823112$$

$$a_1 = 1672,96$$

$$n = 45$$

$$\bar{x}_1 = 2485,58$$

$$SC\ error_1 = 15,308$$

$$gl\ error_1 = n_1 - 2 = 43$$

Tratamiento 2:

$$\sum x^2 = 2688$$

$$\sum xy = 887936$$

$$a_2 = 1920,404$$

$$n = 45$$

$$\bar{x}_2 = 2717,69$$

$$SC\ error_2 = 16,619$$

$$gl\ error_2 = n_2 - 2 = 43$$

$$(s_{y^2x})_p = \frac{SC\ error_1 + SC\ error_2}{gl\ error_1 + gl\ error_2} = \frac{15,308 + 16,619}{43 + 43} = 2,86917442$$

$$b_c = \frac{(\sum xy)_1 + (\sum xy)_2}{(\sum x^2)_1 + (\sum x^2)_2} = \frac{823112 + 887936}{2688 + 2688} = 3,182753$$

$$t = \frac{(a_1 - a_2) - b_c(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{(s_{y^2x})_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{(\sum x^2)_1 + (\sum x^2)_2} \right]}}$$

$$= \frac{(1672,96 - 1920,404) - 3,182753(2485,58 - 2717,69)}{\sqrt{2,86917442 \left[\frac{1}{45} + \frac{1}{45} + \frac{(2485,58 - 2717,69)^2}{2688 + 2688} \right]}}$$

$$= \frac{73627,4353303572}{88,1474765194597}$$

$$t = 835,275588565522$$

$$v = n_1 + n_2 - 3 = 45 + 45 - 3 = 87 \quad (v \approx \infty)$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\alpha/3 = 0,01667$$

$$t_{\alpha/3} = 2,87008544889845$$

$$P - value < 0,00001$$

$$t_{\alpha(2),87} \approx 1,960 \quad \therefore \text{se rechaza } H_0$$

APENDICE II

Cuadro 15. Composición proximal de las dietas utilizadas en el ensayo anterior (n=6).

Dietas	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Materia seca (%)	92,7±0,8	92,1±0,5
Extracto Etéreo (%)	22,0±1,0	22,5±0,9
Proteína Bruta (%)	38,4±0,4	39,1±0,6
Cenizas (%)	7,5±0,4	7,9±0,2
EB (Mcal/kg)	5,3±0,1	5,1±0,1

Fuente: Caquilpán, 2011.

Cuadro 16. Composición en ácidos grasos de las dietas utilizadas en el ensayo previo para los tratamientos 1 y 2 (n=6, valores expresado como g AG/100g AG).

Ácidos Grasos		Tratamiento 1	Tratamiento 2
Linoléico	18:2 ω-6	41,36±0,54	39,36±1,17
α-Linolénico	18:3 ω-3	5,14±0,01	9,47±0,36
Araquidónico	20:4 ω-6	0,23±0,08	0,32±0,17
EPA	20:5 ω-3	4,45±1,20	3,57±0,53
DHA	22:6 ω-3	2,54±0,05	2,96±0,50
Total ω-3*		13,99±2,38	17,91±0,32
Total ω-6**		41,85±1,58	39,97±0,89
Relación ω-3/ ω-6		0,36±0,04	0,43±0,01

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

* Incluye los ácidos 18:3 α-linolénico, 18:4 Decaoctatetraenoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Eicosatetrienoico, 20:5 Eicosapentaenoico, 22:5 Docosapentaenoico, 22:6 Docosahexaenoico.

** Incluye los ácidos 18:2 Linoléico, 18:3 Decaoctatrienoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Araquidónico.

Fuente: Caquilpán, 2011.

APENDICE III

Cuadro 17. Composición en ácidos grasos de filetes de trucha arcoíris al inicio (Junio) y al final del ensayo (Septiembre). Valores expresados como g de AG•100⁻¹g AG

ÁCIDO GRASO		Junio		Septiembre	
		X ± S	n	X ± S	n
Linoléico	T. Control	36,02 ± 1,45 ^a	3	25,32 ± 1,44 ^a	8
	T 1	36,76 ± 1,01 ^b	9	26,30 ± 1,85 ^a	12
	T 2	34,35 ± 1,29 ^{ab}	9	27,49 ± 2,34 ^a	12
α-linolénico	T. Control	4,41 ± 0,23 ^a	3	3,17 ± 0,28 ^a	8
	T 1	4,44 ± 0,19 ^{ab}	9	3,27 ± 0,48 ^a	12
	T 2	5,69 ± 0,48 ^b	9	4,06 ± 0,52 ^a	12
Araquidónico	T. Control	0,30 ± 0,08 ^a	3	0,26 ± 0,18 ^a	8
	T 1	0,46 ± 0,25 ^a	9	0,35 ± 0,16 ^a	12
	T 2	0,44 ± 0,24 ^a	9	0,35 ± 0,09 ^a	12
Eicosapentaenoico	T. Control	2,99 ± 0,29 ^a	3	5,93 ± 0,77 ^a	8
	T 1	3,18 ± 0,38 ^a	9	4,96 ± 0,54 ^b	12
	T 2	3,23 ± 0,35 ^a	9	4,77 ± 0,64 ^b	12
Docosahexaenoico	T. Control	2,88 ± 0,14 ^a	3	4,48 ± 0,91 ^a	8
	T 1	4,05 ± 0,47 ^b	9	3,77 ± 0,61 ^a	12
	T 2	4,05 ± 0,62 ^b	9	4,25 ± 0,82 ^a	12
TOTAL ω-3	T. Control	12,73 ± 0,62 ^a	3	17,86 ± 1,98 ^a	8
	T 1	14,05 ± 1,22 ^b	9	15,69 ± 1,24 ^{ab}	12
	T 2	15,71 ± 1,42 ^b	9	16,66 ± 1,38 ^b	12
TOTAL ω-6	T. Control	36,87 ± 1,53 ^a	3	26,26 ± 1,39 ^a	8
	T 1	37,61 ± 0,93 ^b	9	27,22 ± 1,73 ^a	12
	T 2	35,13 ± 1,23 ^{ab}	9	28,42 ± 2,30 ^a	12
Relación ω3/ω6	T. Control	0,34 ± 0,00 ^a	3	0,67 ± 0,07 ^a	8
	T 1	0,37 ± 0,03 ^a	9	0,58 ± 0,05 ^b	12
	T 2	0,45 ± 0,04 ^b	9	0,59 ± 0,06 ^b	12

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas (P -value<0,05)

¹Total ω-3 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:3 α-linolénico, 18:4 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Eicosatrienoico, 20:5 Eicosapentaenoico, 22:5 Docosapentaenoico, 22:6 Docosahexaenoico.

²Total ω-6 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:2 Linoléico, 18:3 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Araquidónico

Cuadro 18. Composición en Ácidos grasos de los filetes de trucha arcoíris en el muestreo de Junio. Valores expresados como g de AG•100⁻¹ g AG y g AG•100g⁻¹ filete

ACIDOS GRASOS	Tratamiento Control		Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	g/100g Grasa	g/100g Filete	g/100g Grasa	g/100g Filete	g/100g Grasa	g/100g Filete
SATURADOS						
12:0 Láurico	0,09±0,01	0,01±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,01±0,02	0,00±0,00
14:0 Mirístico	3,08±0,19	0,34±0,05	2,43±0,14	0,33±0,04	2,44±0,20	0,31±0,05
15:0 Pentadecaenoico	0,27±0,01	0,03±0,00	0,15±0,05	0,02±0,01	0,13±0,06	0,02±0,01
16:0 Palmítico	14,83±0,67	1,63±0,19	14,54±0,85	1,96±0,21	14,64±0,71	1,88±0,28
17:0 Heptadecanoico	0,31±0,03	0,03±0,01	0,18±0,09	0,02±0,01	0,16±0,08	0,02±0,01
18:0 Estearico	3,91±0,19	0,43±0,05	3,96±0,42	0,53±0,08	4,10±0,40	0,53±0,08
20:0 Eicosanoico	0,33±0,03	0,04±0,01	0,13±0,08	0,02±0,01	0,18±0,24	0,02±0,03
22:0 Docosanoico	1,26±0,03	0,14±0,02	1,51±0,17	0,20±0,03	1,38±0,24	0,18±0,03
24:0 Tetracosanoico	0,06±0,06	0,01±0,01	0,32±0,53	0,04±0,07	0,11±0,09	0,01±0,01
TOTAL SATURADOS	24,13±0,67	2,66±0,32	23,21±0,93	3,13±0,32	23,13±0,97	2,97±0,42
MONOINSATURADOS						
16:1 Palmitoleico	4,01±0,35	0,44±0,08	3,28±0,22	0,44±0,06	3,56±0,31	0,46±0,07
17:1 Heptadecenoico	0,15±0,03	0,02±0,00	0,18±0,07	0,02±0,01	0,16±0,07	0,02±0,01
18:1 Oleico trans	2,09±0,46	0,23±0,08	0,19±0,23	0,03±0,03	0,19±0,26	0,03±0,03
18:1 Oleico cis	18,98±1,13	2,09±0,27	19,81±0,92	2,67±0,33	20,61±1,02	2,64±0,35
20:1 Eicosanoico	1,05±0,01	0,12±0,01	1,61±0,09	0,22±0,02	1,51±0,31	0,20±0,05
TOTAL MONOINSATURADOS	26,27±0,52	2,90±0,45	25,06±1,06	3,38±0,39	26,03±1,58	3,34±0,48
POLIINSATURADOS						
18:2 ω-6 Linoléico	36,02±1,45	3,96±0,42	36,76±1,01	4,95±0,46	34,35±1,29	4,41±0,57
18:3ω-6 Octadecatrienoico	0,23±0,03	0,03±0,01	0,12±0,04	0,02±0,01	0,08±0,07	0,01±0,01
18:3 ω-3 α-linolénico	4,41±0,23	0,48±0,05	4,44±0,19	0,60±0,06	5,69±0,48	0,73±0,11
18:4ω-3 Octadecatrienoico	0,72±0,09	0,08±0,02	0,55±0,10	0,07±0,01	0,67±0,25	0,09±0,04
20:3 ω-6 Eicosatrienoico	0,32±0,01	0,04±0,00	0,36±0,11	0,05±0,01	0,26±0,12	0,03±0,01
20:4 ω-6 Araquidónico	0,30±0,08	0,03±0,01	0,46±0,25	0,06±0,04	0,44±0,24	0,05±0,03
20:3 ω-3 Eicosatetrienoico	0,22±0,05	0,02±0,01	0,17±0,06	0,02±0,01	0,15±0,06	0,02±0,01
20:4 ω-3 Eicosatrienoico	0,48±0,09	0,05±0,01	0,45±0,15	0,06±0,02	0,51±0,16	0,07±0,02
20:5ω-3Eicosapentaenoico	2,99±0,29	0,33±0,04	3,18±0,38	0,43±0,07	3,23±0,35	0,42±0,07
22:5ω3Docosapentaenoico	1,04±0,10	0,11±0,00	1,22±0,36	0,16±0,05	1,42±0,22	0,18±0,04
22:6ω-3Docosahexaenoico	2,88±0,14	0,32±0,04	4,05±0,47	0,54±0,10	4,05±0,62	0,52±0,10
TOTAL POLIINSATURADOS	49,60±2,15	5,45±0,57	51,74±1,58	6,96±0,69	50,84±2,23	6,52±0,85
TOTAL ω-3	12,73±0,62	1,40±0,14	14,05±1,22	1,88±0,26	15,71±1,42	2,01±0,32
TOTAL ω-6	36,87±1,53	4,05±0,44	37,69±0,93	5,07±0,47	35,13±1,23	4,50±0,57
Relacion ω3/ω6	0,34±0,00	0,34±0,00	0,37±0,03	0,37±0,03	0,45±0,04	0,45±0,04

Cuadro 19. Composición en Ácidos grasos de los filetes de trucha arcoíris en el muestreo de Septiembre. Valores expresados como g de AG•100⁻¹g AG y g AG•100g⁻¹ filete.

ACIDOS GRASOS	Tratamiento Control		Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	g/100g Grasa	g/100g Filete	g/100g Grasa	g/100g Filete	g/100g Grasa	g/100g Filete
SATURADOS						
12:0 Láurico	0,05±0,06	0,00±0,00	0,07±0,05	0,01±0,01	0,08±0,04	0,01±0,00
14:0 Mirístico	4,92±0,52	0,60±0,13	4,54±0,40	0,54±0,08	4,17±0,61	0,45±0,11
15:0 Pentadecaenoico	0,56±0,12	0,06±0,03	0,42±0,08	0,05±0,01	0,40±0,07	0,04±0,01
16:0 Palmítico	15,95±0,65	1,95±0,32	16,20±1,05	1,94±0,27	15,20±1,71	1,69±0,34
17:0 Heptadecanoico	0,55±0,27	0,07±0,05	0,55±0,36	0,07±0,05	0,43±0,12	0,05±0,02
18:0 Esteárico	3,80±0,37	0,47±0,12	4,22±0,32	0,51±0,09	4,01±0,41	0,43±0,10
20:0 Eicosanoico	0,31±0,21	0,04±0,03	0,49±0,41	0,06±0,05	0,50±0,48	0,04±0,02
22:0 Docosanoico	1,37±0,06	0,17±0,03	1,35±0,22	0,16±0,03	1,29±0,14	0,14±0,03
24:0 Tetracosanoico	0,07±0,09	0,01±0,01	0,05±0,08	0,01±0,01	0,13±0,20	0,02±0,03
TOTAL SATURADOS	27,48±1,37	3,38±0,66	27,89±1,16	3,34±0,47	26,48±1,62	2,86±0,59
MONOINSATURADOS						
16:1 Palmitoleico	6,50±0,53	0,80±0,18	5,99±0,44	0,72±0,12	5,50±0,60	0,60±0,14
17:1 Heptadecenoico	0,21±0,10	0,03±0,02	0,19±0,09	0,02±0,01	0,51±1,01	0,02±0,01
18:1 Oleico trans	1,24±1,03	0,16±0,16	1,56±1,37	0,19±0,17	1,37±1,41	0,14±0,15
18:1 Oleico cis	18,92±0,92	2,32±0,41	19,94±1,30	2,40±0,41	19,77±1,03	2,14±0,45
20:1 Eicosanenoico	1,52±0,19	0,19±0,04	1,52±0,22	0,17±0,04	1,57±0,22	0,17±0,04
TOTAL MONOINSATURADOS	28,39±1,90	3,50±0,73	29,20±1,54	3,52±0,61	28,22±1,70	3,07±0,61
POLIINSATURADOS						
18:2 ω-6 Linoléico	25,32±1,44	3,10±0,48	26,30±1,85	3,15±0,43	27,49±2,34	2,95±0,61
18:3ω-6 Octadecatrienoico	0,39±0,22	0,05±0,04	0,25±0,18	0,03±0,02	0,30±0,12	0,03±0,01
18:3 ω-3 α-linolénico	3,17±0,28	0,39±0,07	3,27±0,48	0,39±0,07	4,06±0,52	0,44±0,11
18:4ω-3 Octadecatrienoico	1,21±0,17	0,15±0,04	1,07±0,27	0,13±0,04	0,97±0,16	0,10±0,03
20:3 ω-6 Eicosatrienoico	0,29±0,16	0,04±0,03	0,31±0,22	0,04±0,03	0,29±0,11	0,03±0,01
20:4 ω-6 Araquidónico	0,26±0,18	0,03±0,02	0,35±0,16	0,04±0,02	0,35±0,09	0,04±0,01
20:3 ω-3 Eicosatetrienoico	0,40±0,11	0,05±0,02	0,27±0,12	0,03±0,02	0,30±0,10	0,03±0,01
20:4 ω-3 Eicosatrienoico	0,84±0,08	0,10±0,02	0,75±0,11	0,09±0,01	0,74±0,07	0,08±0,02
20:5ω-3Eicosapentaenoico	5,93±0,77	0,72±0,11	4,96±0,54	0,59±0,07	4,77±0,64	0,52±0,14
22:5ω3Docosapentaenoico	1,80±0,28	0,22±0,04	1,61±0,22	0,19±0,03	1,51±0,38	0,16±0,05
22:6ω-3Docosahexaenoico	4,48±0,92	0,54±0,11	3,77±0,61	0,45±0,06	4,25±0,82	0,47±0,11
TOTAL POLIINSATURADOS	44,12±3,01	5,39±0,83	41,41±6,00	5,12±0,57	45,09±2,87	4,86±1,00
TOTAL ω-3	17,86±1,98	2,20±0,34	15,69±1,29	1,86±0,17	16,66±1,38	1,80±0,39
TOTAL ω-6	26,26±1,39	3,27±0,49	27,22±1,73	3,26±0,44	28,42±2,30	3,06±0,63
Relacion ω3/ω6	0,67±0,07	0,67±0,07	0,58±0,05	0,58±0,05	0,59±0,06	0,59±0,06

APENDICE IV

Cuadro 20. Comparación de la composición de ácidos grasos en filetes de trucha arcoíris al inicio (Junio) y final (Septiembre) del ensayo.

Valores expresados como g de cada ácido graso en 100g de filete entero.

ÁCIDO GRASO		Junio		Septiembre		t	P-value
		X ± S	n	X ± S	n		
Linoléico	T. Control	3,96 ± 0,42 ^a	3	3,10 ± 0,48 ^b	8	2,729	0,023
	T 1	4,95 ± 0,46 ^a	9	3,15 ± 0,43 ^b	12	9,294	<0,001
	T 2	4,41 ± 0,57 ^a	9	2,95 ± 0,61 ^b	12	5,54	<0,001
α-Linolénico	T. Control	0,48 ± 0,05 ^a	3	0,39 ± 0,07 ^a	8	2,183	0,057
	T 1	0,60 ± 0,06 ^a	9	0,39 ± 0,07 ^b	12	7,086	<0,001
	T 2	0,73 ± 0,11 ^a	9	0,44 ± 0,11 ^b	12	5,948	>0,001
Araquidónico	T. Control	0,03 ± 0,01 ^a	3	0,03 ± 0,02 ^a	8	0,219	0,832
	T 1	0,06 ± 0,04 ^a	9	0,04 ± 0,02 ^a	12	1,373	0,186
	T 2	0,05 ± 0,03 ^a	9	0,04 ± 0,01 ^a	12	1,744	0,097
Eicosapentaenoico	T. Control	0,33 ± 0,04 ^a	3	0,72 ± 0,11 ^b	8	-5,678	<0,001
	T 1	0,43 ± 0,07 ^a	9	0,59 ± 0,07 ^b	12	-5,266	<0,001
	T 2	0,42 ± 0,07 ^a	9	0,52 ± 0,14 ^a	12	-2,008	0,059
Docosahexaenoico	T. Control	0,32 ± 0,04 ^a	3	0,54 ± 0,11 ^b	8	-3,506	0,007
	T 1	0,54 ± 0,10 ^a	9	0,45 ± 0,06 ^b	12	2,873	0,010
	T 2	0,52 ± 0,10 ^a	9	0,47 ± 0,11 ^a	12	1,096	0,287
TOTAL ω-3 ¹	T. Control	1,40 ± 0,14 ^a	3	2,20 ± 0,34 ^b	8	-3,844	0,004
	T 1	1,88 ± 0,26 ^a	9	1,86 ± 0,17 ^a	12	0,189	0,852
	T 2	2,01 ± 0,32 ^a	9	1,80 ± 0,39 ^a	12	1,321	0,202
TOTAL ω-6 ²	T. Control	4,05 ± 0,44 ^a	3	3,27 ± 0,49 ^b	8	2,429	0,038
	T 1	5,07 ± 0,47 ^a	9	3,26 ± 0,44 ^b	12	9,144	<0,001
	T 2	4,50 ± 0,57 ^a	9	3,06 ± 0,63 ^b	12	5,424	<0,001
Relación ω3/ω6	T. Control	0,34 ± 0,00 ^a	3	0,67 ± 0,07 ^b	8	-8,362	<0,001
	T 1	0,37 ± 0,03 ^a	9	0,58 ± 0,05 ^b	12	-10,104	<0,001
	T 2	0,45 ± 0,04 ^a	9	0,59 ± 0,06 ^b	12	-6,237	<0,001

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma fila expresan diferencias significativas (P -value<0,05)

¹Total ω-3 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:3 α-linolénico, 18:4 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatetrienoico, 20:4 Eicosatrienoico, 20:5 Eicosapentaenoico, 22:5 Docosapentaenoico, 22:6 Docosahexaenoico.

²Total ω-6 incluye los siguientes ácidos grasos: 18:2 Linoléico, 18:3 Octadecatrienoico, 20:3 Eicosatrienoico, 20:4 Araquidónico.

Cuadro 21. Color visual e instrumental en filetes de truchas arcoíris para los distintos tratamientos al inicio y final del ensayo. (Luminosidad (L*), cromaticidad rojo-verde (a*), cromaticidad amarillo-azul (b*), Saturación o intensidad de color (C*) y relación amarillo-rojo (Hue).

Parámetro		Junio		Septiembre		t	P-value
		X ± S	n	X ± S	n		
Regla Salmo Fan	T. Control	25,33±1,53 ^a	3	29,00±1,07 ^b	8	-4,565	0,001
	T 1	25,22±1,09 ^a	9	30,08±0,67 ^b	12	-12,631	>0,001
	T 2	26,00±0,87 ^a	9	29,00±1,35 ^b	12	-5,816	>0,001
L	T. Control	47,71±0,72 ^a	3	44,09±4,30 ^a	8	1,402	0,195
	T 1	51,50±3,38 ^a	9	41,46±3,10 ^b	12	7,109	>0,001
	T 2	48,53±2,43 ^a	9	48,62±2,51 ^a	12	-0,072	0,943
a	T. Control	5,78±0,94 ^a	3	8,19±2,09 ^a	8	-1,879	0,093
	T 1	7,25±0,70 ^a	9	7,17±1,31 ^a	12	0,178	0,861
	T 2	6,67±1,08 ^a	9	7,06±1,33 ^a	12	-0,673	0,510
b	T. Control	26,17±2,49 ^a	3	23,53±3,39 ^a	8	1,214	0,255
	T 1	26,10±2,97 ^a	9	19,58±2,47 ^b	12	5,492	>0,001
	T 2	23,47±3,81 ^a	9	28,42±3,26 ^b	12	-3,008	0,008
C	T. Control	26,80±2,61 ^a	3	24,04±2,90 ^a	8	0,918	0,383
	T 1	27,10±2,98 ^a	9	20,92±2,18 ^b	12	5,496	>0,001
	T 2	24,40±3,93 ^a	9	29,30±3,42 ^b	12	-2,853	0,011
Hue	T. Control	77,58±1,12 ^a	3	70,43±6,28 ^a	8	1,899	0,090
	T 1	74,39±1,46 ^a	9	69,65±4,97 ^b	12	2,761	0,012
	T 2	74,09±1,25 ^a	9	76,10±1,61 ^b	12	-2,833	0,011

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma fila expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$) para cada componente del color.

Cuadro 22. Resistencia al corte de los filetes de trucha arcoíris al inicio (Junio) y final (Septiembre) para cada tratamiento, valores expresados en psi.

Parámetro		Junio		Septiembre		t	P-value
		X ± S	n	X ± S	n		
Resistencia al corte	T. Control	3,90±0,44 ^a	3	2,91±0,74 ^a	8	2,123	0,063
	T 1	2,23±0,25 ^a	9	2,32±0,41 ^a	12	-0,533	0,600
	T 2	2,16±0,20 ^a	9	2,28±0,30 ^a	12	-1,108	0,282

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma fila expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$)

Cuadro 23. Factor de condición y Rendimiento de canal de las truchas arcoíris al inicio (Junio) y final (Septiembre) para cada tratamiento.

Parámetro		Junio		Septiembre		t	P-value
		X ± S	n	X ± S	n		
Factor de condición (K)	T. Control	1,88±0,22 ^a	3	2,01±0,24 ^a	8	-0,811	0,438
	T 1	1,90±0,21 ^a	9	1,87±0,24 ^a	12	0,356	0,726
	T 2	2,36±0,35 ^a	9	2,07±0,21 ^a	12	1,540	0,202
Rendimiento (%)	T. Control	88,23±0,72 ^a	3	87,41±0,94 ^a	8	1,326	0,208
	T 1	88,34±1,88 ^a	9	86,48±2,14 ^a	12	2,064	0,053
	T 2	84,31±1,68 ^a	9	85,89±1,24 ^a	12	-2,501	0,132

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma fila expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$)

Cuadro 24. Índice viscerosomático (IVS) e Índice hepatosomático (IHS) de las truchas arcoíris al inicio (Junio) y final (Septiembre) para cada tratamiento.

Parámetro		Junio		Septiembre		t	P-value
		X ± S	n	X ± S	n		
IVS (%)	T. Control	9,98±1,20 ^a	3	12,18±0,92 ^b	8	-3,292	0,009
	T 1	10,48±1,71 ^a	9	12,52±1,94 ^b	12	-2,501	0,022
	T 2	14,06±1,51 ^a	9	12,82±0,65 ^b	12	2,569	0,019
IHS (%)	T. Control	1,09±0,14 ^a	3	1,29±0,08 ^b	8	-3,026	0,014
	T 1	1,08±0,27 ^a	9	1,26±0,20 ^a	12	-1,713	0,103
	T 2	1,42±0,22 ^a	9	1,30±0,07 ^a	12	1,701	0,105

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($P\text{-value}<0,05$)

APENDICE V

Cuadro 25. Composición química de los filetes muestreados en el mes de Septiembre.

Parámetro	T. Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2	F	Sig
	(n=8)	(n=12)	(n=12)		
	X ± S	X ± S	X ± S		
Materia Seca (%)	37,84 ^a ±2,32	37,12 ^{ab} ±2,48	35,06 ^b ±2,13	4,098	0,027
Grasa (%)	13,63 ^a ±2,32	13,32 ^a ±1,73	11,98 ^a ±2,34	1,822	0,18
Proteína (%)*	42,35 ^a ±2,27	44,56 ^a ±4,50	44,79 ^a ±5,14	1,776	0,187

*Nx6,25

APENDICE VI

Cuadro 26. Valores promedio para peso total, longitud y factor de condición entre los meses de Junio y Septiembre.

Parámetro		Junio		Julio		Agosto		Septiembre	
		X±S	n	X±S	n	X±S	n	X±S	n
Peso Total (g)	T. Control	1768±376,11	3	1936±424,61	4	2258±635,44	8	3490±290,76	8
	T 1	1663±170,61	9	2273±534,32	12	2525±567,38	12	3275±316,13	12
	T 2	2168±263,02	9	2382±435,64	12	2433±483,99	12	3750±93,12	2
Longitud (cm)	T. Control	45,33±1,53	3	46,50±3,11	4	48,75±2,60	8	55,88±0,83	8
	T 1	44,44±1,59	9	47,25±3,25	12	51,75±2,49	12	56,08±2,07	12
	T 2	45,22±2,11	9	49,17±2,41	12	50,75±2,70	12	56,58±1,68	12
Factor de condición (K)	T. Control	1,88±0,22	3	1,91±0,18	4	1,91±0,28	8	2,01±0,24	8
	T 1	1,90±0,21	9	2,16±0,53	12	1,82±0,31	12	1,87±0,24	12
	T 2	2,36±0,35	9	1,99±0,14	12	1,84±0,18	12	2,08±0,21	12

Los valores corresponden al promedio(X) ± desviación estándar (S).