UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Alimentos.

Gerardo Andrés Castro Contreras

VALDIVIA – CHILE

2005

PROFESOR PATROCINANTE:

Sr. Fernando Figuerola R.
Ingeniero Agrónomo, M. S. Food Science
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

_____

Firma

PROFESORES INFORMANTES:

Sr. Erwin Carrasco R.
Ingeniero Civil Químico
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

_____

Firma

Sr. Aage Krarup H.
Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

_____

Firma

φ Agradezco a Dios por los padres a los que me encomendó, ya que gracias a Francisco y Nilda, hoy tengo herramientas para enfrentar el futuro. Sólo ruego a Dios, les brinde largos y dulces años, para que puedan disfrutar de los frutos de la hermosa vida que sembraron.

φ Padres, los quiero mucho y les estaré agradecido por siempre, por todo el esfuerzo y la dedicación entregada para lograr éste objetivo.

φ Gracias a Carolina por estar siempre a mi lado, apoyándome y entregándome su amor y comprensión, siendo parte fundamental de éste logro.

φ Gracias a Emilio, por darme las fuerzas necesarias para terminar el camino.

φ Agradezco infinitamente a mi hermana Carolina y a la Paulita, mis abuelos José y Luisa, a mis tíos Eliana y Juan, y a mis primos Daniel, Catalina, Alexandra y Miguel, por todo el apoyo entregado.

φ Finalmente, agradezco a mis tíos Miguel y Rosita, por todo el respaldo y cariño que me brindaron, transformándose en verdaderos Padres cuando los necesite.

A todos ellos, gracias.

Gracias.
Gracias.
Gracias.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Característica botánico-agronómicas de la arveja	3
2.2	Composición nutricional de la semilla de arveja	4
2.2.1	Proteínas	4
2.2.2	Carbohidratos	9
2.2.3	Grasa	10
2.2.4	Fibra	12
2.2.5	Minerales	12
2.2.6	Contenido de fósforo	14
2.2.7	Vitaminas	14
2.3	Naturaleza química y sustancias antinutricionales de la arveja	14
2.3.1	Glucósidos	15
2.3.2	Inhibidores de tripsina	15
2.3.3	Acido fítico	17
2.4	Rendimiento de los cultivos de arveja	18
2.5	Estudios sobre el uso de harina de arveja en alimentos para animales, especialmente salmónidos	18
2.6	Procesamiento de la harina de arveja empleada en dietas para salmónidos	23

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
3	MATERIAL Y METODOS	26
3.1	Material	26
3.1.1	Semillas de arvejas empleadas	26
3.1.2	Material de laboratorio químico	26
3.1.3	Elaboración de las harinas de arvejas	26
3.2	Métodos	26
3.2.1	Descascarado de las semillas de arvejas	26
3.2.2	Análisis próximal, análisis de fósforo y análisis de ácido fítico a las harinas de arvejas	27
3.2.3	Formulación teórica de las dietas, con incorporación de diferentes niveles de harina de arvejas	27
3.2.4	Evaluación de la calidad nutricional de la harina de arvejas, en la formulación de alimento para salmónidos	27
3.2.5	Uso de programación lineal para establecer la factibilidad de reemplazar harina de pescado por harina de arvejas	28
3.3	Metodología estadística	28
3.3.1	Diseño experimental	28
3.3.2	Análisis de datos	28
3.4	Programación lineal	29
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
4.1	Análisis proximal	30
4.2	Análisis estadístico	31
4.2.1	Proteínas	31
4.2.2	Materia grasa	33
4.2.3	Extracto no nitrogenado	35
4.2.4	Fibra	37
4.2.5	Cenizas	38
4.2.6	Humedad	41
4.3	Contenido de ácido fítico	42
4.4	Contenido de fósforo	43
4.5	Rendimientos	44
4.6	Programación lineal	45
4.6.1	Elaboración de dieta 2643 para *smolts*	47
4.6.2	Elaboración de dieta 3043 para salmones	50
4.6.3	Elaboración de dieta 3040 para salmones	51
5	CONCLUSIONES	54
6	RESUMEN	56
	SUMMARY	57

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
7	BIBLIOGRAFÍA	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Contenido de aminoácidos esenciales de leguminosas	6
2	Composición aminoacídica de semillas de arveja, *Pisum sativum*, en g de aminoácidos por 16 g nitrógeno (g/16gN)	7
3	Composición de aminoácidos del grano de arveja. Expresados en porcentaje del peso de semilla	8
4	Porcentaje de azúcar presente en las semillas de arveja	10
5	Promedios de minerales en mg/100 g	13
6	Azúcares contenidos en diferentes leguminosas	15
7	Análisis próximal para proteínas, materia grasa, extracto no nitrogenado, cenizas, humedad y fibra de las semillas de tres cultivares de arvejas con testa y sin testa (% base seca ± desviación estándar)	30
8	Contenido de ácido fitico de las harinas de los tres cultivares	42
9	Contenido de fósforo de las muestras de harina de arveja	43
10	Peso de los 1000 granos de arveja, expresado en gramos	44
11	Peso hectolítrico de las semillas de arvejas	45
12	Ingredientes empleados en dietas para salmones	45
13	Requerimientos para la formulación de dietas	46
14	Propiedades químicas y precios por kilogramo de las dietas 2643 (26% materia grasa y 43% de proteínas)	48
15	Composición porcentual de las dietas de la formulación 2643	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
16	Propiedades químicas y precios por kilogramo de las dietas 3043	50
17	Composición porcentual de las dietas de la formulación 3043	51
18	Propiedades químicas y precios por kilogramo de las dietas 3040	52
19	Composición porcentual de las dietas de la formulación 3040	52

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Contenido proteico de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	32
2	Contenido de materia grasa de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	34
3	Contenido de extracto no nitrogenado de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	36
4	Contenido de fibra de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	38
5	Contenido de cenizas de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	39
6	Contenido de humedad de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca	41

1 INTRODUCCION

El empleo de harina y aceite de pescado, como base de la formulación de alimento para salmónidos, ha sido foco de análisis en los últimos años. La causa no es su aporte nutricional, ya que la harina y aceite de pescado en conjunto son una fuente nutritiva de difícil superación.

Los problemas previstos en la materia prima mencionada tienen relación con las dificultades de la industria pesquera de proporcionar los volúmenes necesarios para cubrir la demanda de la industria del salmón.

Otro inconveniente que se visualiza es el alto contenido de fósforo que presentan los alimentos para salmones, debido a la harina de pescado presente en los alimentos, que al no ser retenida por el pez puede ser eliminado en los desechos de éstos, junto con el alimento que no es consumido, depositándose en el fondo marino, produciendo la eutroficación de las aguas.

Debido a las causas mencionadas surge la necesidad de investigar acerca de otras fuentes proteicas que posean ventajas económicas para el sector industrial y sobre todo para el ecosistema donde se instalan los centros de cultivo.

Este trabajo plantea la posibilidad de emplear una fuente proteica vegetal, las leguminosas, aunque se deben considerar variados factores negativos que puedan presentar sobre los salmones. Dentro de las fuentes proteicas vegetales se presenta la posibilidad de la harina de arveja para sustituir parcialmente la harina de pescado en la formulación de alimentos para salmónidos.

Si bien la participación de la X Región en el cultivo de arvejas es pequeña a escala nacional, es importante destacar el gran potencial que posee

el clima de la zona sur para el desarrollo de la especie, existiendo una gran posibilidad de destinar terrenos cultivables a la siembra de arvejas, además, las empresas que se relacionan con la elaboración de alimento para salmónidos se encuentran ubicadas entre la VIII y X región del país, lo que facilitará el transporte de la materia prima, incurriendo en una disminución de costos para la empresa.

Objetivos

A continuación se presentan los objetivos del presente trabajo, centrados en la evaluación de tres cultivares de arveja.

Objetivo general. El objetivo general de la investigación fue evaluar la calidad de la harina de arveja para la sustitución parcial de harina de pescado en la formulación de alimento para salmónidos.

Objetivos específicos

- Determinar comparativamente tres cultivares de arveja en la formulación de alimento para salmones.
- Determinar la composición química de las harinas de arveja.
- Formular dietas teóricas para salmónidos, con sustitución parcial de harina de pescado.
- Evaluar la factibilidad económica de reemplazar la harina de pescado por harina de arveja.
- Determinar los procesos a realizar a las harinas de tres cultivares de arveja para la eliminación de factores antinutricionales.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Características botánico- agronómicas de la arveja

La arveja es originaria de Europa y Asía septentrional. En Chile se cultivan muchas variedades de escasa pureza y conocidas con denominaciones locales, dentro de estas variedades se destacan tres tipos: guiadoras, semi-enanas y enanas; de grano redondo liso y de grano arrugado, en estado seco (GIACONI, 1988).

De los dos tipos de grano de arveja, liso y arrugado, estos no varían solamente por la apariencia de la semilla sino que además por la composición química y la forma de los granos de almidón (Kooistra, citado por CISTERNAS, 1992).

Su importancia dentro de las leguminosas radica en su contenido de proteína, que oscila entre 20 y 25% en las semillas maduras, comercializada comúnmente como arveja partida, lo que involucra una eliminación de la testa seminal y separación de los cotiledones (CASTRO, 1996).

Gottschalk y Muller son citados por GARRIDO (1979) quienes consideran que la arveja es una leguminosa importante debido a su riqueza nutritiva y energética otorgada por su contenido de proteína y azúcares.

En general, las leguminosas contienen proteínas ricas en lisina y pobres en aminoácidos azufrados (metionina y cistina), por lo que es común su complementación con cereales en las dietas (ya que estos presentan un bajo contenido en lisina y en calcio). Existen, no obstante, varios factores que pueden limitar su utilización en alimentación animal. Por una parte su precio, debido a que algunos de estos granos son utilizados en alimentación humana (ejemplos: garbanzos, lentejas, arvejas, etc.), por otra parte, la presencia de

sustancias tóxicas que reducen su palatabilidad, y causan trastornos de diversa índole, que pueden llegar incluso a provocar la muerte de los animales (GOMEZ, 1983).

2.2 Composición nutricional de la semilla de arveja

2.2.1 Proteínas. Las leguminosas poseen gran cantidad de proteínas, lo que las transforma en un alimento nutricionalmente interesante (BOULTER, 1980).

BRESSANI y ELIAS (1980) indican que la arveja, *Pisum sativum*, contiene un 28,8% en peso seco, de proteínas. También mencionan en su estudio que el contenido de proteínas en leguminosas varía entre un 17 y 40%.

La arveja tiene un alto contenido de proteína (26%) y junto a su contenido de carbohidratos la convierte en un alimento de alto interés para la alimentación humana (Bravo, citado por CASTRO, 1996).

GOMEZ (1983) señala que el contenido proteico de las leguminosas generalmente es superior al 20%, lo que las convierte en alimentos concentrados. Zorita *et al.*; Piccioni; FAO; Lain *et al.* son citados por GOMEZ (1983), que entregan diferentes contenidos proteicos para la arveja, tales como 15,9; 19,4; 22,5 y 21,0%, respectivamente.

Es reportado por LANUZA (1990) que el contenido proteico de la arveja fluctúa en un rango de 22 a 27%.

Según ROMEO *et al.* (1983) el contenido de proteínas varía en la harina cruda de arveja entre 22,8 y 24,6%, calculado con un factor de nitrógeno de 6,25; para la harina precocida de arvejas su contenido varía entre 18,7 y 23,5%; estas variaciones son resultado del proceso realizado por diferentes empresas.

Anikanova; Losev *et al*.; Trevino y Murrary; Wolf; Pandey y Gritton; Ali-Khan y Youngs; Richter; Krarup; Krarup y Aguila son citados por GARRIDO (1979) los que demuestran que el contenido proteico de las arvejas es particularmente alto, superando el de los cereales. Además, señala que la variación del contenido proteico se produce según su estado verde (5,30 a

6,31%) o seco (14 a 39%). Para este último estado se observan variados valores de su contenido proteico, por ejemplo de 22 a 32%; de 18,95 a 27,04%; de 14,9 a 26,7%; de 18,90 a 25,26%. También se indica la variación del contenido de proteínas según su línea o cultivar, destacando el cultivar Triofín (27,27%).

El contenido de proteína de los granos de leguminosas varía desde 18 a 32% y ésta se localiza en los cotiledones y en el eje embrionario de los granos de habas, similarmente ocurre en las arvejas, donde su contenido proteico es señalado en un 28,8% (ALTSCHUL, 1974).

En su investigación CARNOVALE *et al.* (1988) evaluaron el contenido de proteínas para tres cultivares de arveja, Imposant, Finale y Rondo, encontrando cantidades para harina de semillas enteras de 22,3; 22,4 y 23,5% respectivamente.

Según REICHERT y MACKENZIE (1982) el contenido proteico de las arvejas varía de acuerdo a sus características genéticas, encontrando un rango de 15,5 a 39,7%, Gottschalk *et al.* citado por REICHERT y MACKENZIE (1982) encontraron un rango de proteínas de 19,3 a 25,2%.

SUMNER *et al.* (1981) mediante el empleo de semillas de arveja amarilla, obtuvieron valores de 20,1% para la harina de arveja entera, aumentando a 23,5% al ser eliminada la testa.

COLONNA *et al.* (1980) en su estudio encontró valores de 26,2 y 27,1% para las variedades que empleó.

KRARUP (1977) encontró un rango de 14,9 a 27,6% de proteína para diferentes cultivares. Richter citado por KRARUP (1977) Informó los contenidos proteicos de 32 cultivares, fluctuando entre 18,95 y 27,04%.

Sask citado por RACZ (1997) indica que el contenido de proteína de semillas de arveja es de 22,6%. Además, RACZ (1997) cita a McLean *et al*., quienes señalan que el contenido proteico es influenciado por efectos agronómicos y del medio ambiente, y en menor grado considera a las diferencias entre cultivares y variedades.

Las proteínas de semillas de leguminosas son ricas en lisina y suplementan muy bien a las proteínas de los cereales, deficitarios en este aminoácido esencial, pero que presentan un buen aporte de metionina, del cual las leguminosas son deficitarias (PENNACCHIOTTI, 1989).

CUADRO 1. Contenido en aminoácidos esenciales de leguminosas.

Aminoácidos esenciales	**g/16 g N**
Cistina	1,0
Metionina	0,9
Lisina	7,3
Isoleucina	4,2
Leucina	7,0
Fenilalanina	4,4
Tirosina	3,1
Treonina	3,8
Triptófano	---
Valina	4,7

FUENTE: CUBERO y MORENO (1983).

Boulter, citado por DE HARO (1983) presenta un listado de aminoácidos esenciales en leguminosas, cuyos valores se entregan en el CUADRO 1.

BOULTER (1980) presenta un perfil de aminoácidos esenciales y azufrados, que se observan en el CUADRO 2, para semillas secas de arveja de la especie *Pisum sativum* L. También aparecen en el CUADRO 2, los resultados del estudio realizado por BRESSANI *et al.* (1974), los que investigaron las características de las leguminosas como alimento masivo, presentando un perfil de aminoácidos. Por último, LETERME *et al.* (1990), entregan un perfil de aminoácidos para granos de arveja enteras. En las tres investigaciones presentadas, se determinaron contenidos variables de

aminoácidos en semillas de arvejas, originado por el empleo de diferentes cultivares en la determinación de aminoácidos.

CUADRO 2. Composición aminoacídica de semillas de arveja, *Pisum sativum*, en g de aminoácido por 16 gramos de nitrógeno (g/16 g N).

Aminoácido	**Boulter (1980)**	**Leterme *et al.* (1990)**	**Bressani *et al.* (1974)**
Arginina	10,5	6,84	17,712
Histidina	2,8	2,52	2,704
Isoleucina	4,0	3,33	8,4
Leucina	8,1	6,58	10,912
Lisina	4,9	6,84	11,408
Metionina	0,65	1,03	1,296
Fenilalanina	4,9	4,19	5,792
Treonina	1,06	3,59	4,896
Triptófano	2,9	0,94	0,704
Valina	4,6	3,89	7,792
Tirosina	3,3	3,16	---
Cistina	0,71	1,55	1,2
Serina	4,5	4,79	---
Ácido Glutámico	21,1	16,92	---
Ácido Aspartamico	12,5	10,68	---
Alanina	3,7	4,27	---
Prolina	4,3	3,76	---
Glicina	3,4	4,32	---

FUENTE: BOULTER (1980), Leterme *et al.* (1990), BRESSANI *et al*. (1974).

El balance de aminoácidos entregado por LANUZA (1990), presentado en el CUADRO 3, demuestra que existe deficiencia en la concentración de

aminoácidos azufrados, en los granos de arvejas, tales como metionina y cistina. También tienen bajos valores de triptófano, pero en cambio, son de particular importancia los valores de lisina, entregados en su estudio, permitiendo una buena complementación con los cereales, que son pobres en lisina, pero ricos en metionina.

CUADRO 3. Composición de aminoácidos del grano de arveja. Expresados en porcentaje del peso de semilla.

Aminoácido	**Contenido (%)**
Metionina	0,15 – 0,34
Triptófano	0,20 – 0,26
Lisina	*1,14 – 1,76*
Leusina	1,38 – 1,98
Isoleucina	0,80 – 1,21
Valina	0,95 – 1,43
Cistina	0,17 – 0,59
Fenilalanina	0,82 – 1,43
Treonina	0,85 – 1,03
Arginina	1,14 – 2,14
Histidina	0,32 – 0,79
Tirosina	0,38 – 1,03

FUENTE: LANUZA (1990).

Existen otros autores que entregan valores de composición aminoacídica, como FAO; Lain *et al*., que son citados por GOMEZ (1983) donde se observan leves variaciones del contenido aminoácidos.

Los requerimientos de algunos aminoácidos, han sido establecidos para trucha Arcoiris, entre ellos se pueden mencionar: triptófano 0,4 – 1,4; lisina 3,7 – 6,1; metionina + cistina 1,6 – 3,0; arginina 3,3 – 5,9, valores en % de la

proteína de la dieta. (Wilson; Guillaume; Takeshi; citados por REBOLLEDO, 1993).

2.2.2 Carbohidratos. En conjunto con las proteínas otorgan a la leguminosa su calidad nutricional, los carbohidratos en leguminosas oscilan entre 57 y 65%, dependiendo de la especie (ALTSCHUL, 1974).

El contenido de carbohidratos varía según el autor. Bravo citado por CASTRO (1996), señala que el contenido de carbohidratos es un 60% en arvejas.

Muller e Isbary; Isbary son citados por GARRIDO (1979) e indican que más del 50% del peso seco de la arveja son carbohidratos, un 5 a 6% son azúcares que se encuentran en la forma de cinco componentes diferentes; glucosa, sacarosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa. Kooistra; Ritcher; Krarup y Aguila citados por GARRIDO (1979), indican que existe una diferencia entre el contenido de azúcares de arvejas rugosas y lisas, donde las primeras tienen siempre un nivel más alto que las segundas. Además, se evaluó en su investigación la participación del azúcar total en varios cultivares de arvejas, en estado verde y seco, encontrándose que los valores no sobrepasan de un 20% para ambos estados.

Según ROMEO *et al*. (1983) el extracto no nitrogenado alcanza valores de 54,1 a 59,9% para harina cruda de arvejas y de 60,4 a 61,5% para harina precocida de arveja. BRESSANI *et al*. (1980) mencionan un contenido de carbohidratos de 60,0% para la especie *Pisum sativum*.

DE HARO (1983) analizó la calidad nutritiva de las leguminosas de grano, indicando que para arvejas de grano rugoso el contenido de carbohidratos es de 60% y para arvejas de grano liso es de 67%, cuyo principal constituyente es el almidón. En el CUADRO 4 se presentan datos sobre el contenido de carbohidratos.

CUADRO 4. Porcentaje de azúcar presente en las semillas de arveja.

Tipo de azúcar	Grano liso	Grano rugoso
Almidón	47,9	32,9
Xilosa	6,3	4,9
Azúcares solubles en etanol	Menor a 10	10,2
Sacarosa	30	34

FUENTE: CUBERO y MORENO (1983).

En el trabajo de REICHERT y MACKENZIE (1982) se determinó el contenido de almidón de arvejas de distinto contenido proteico, señalando un 49,7% para la variedad con más proteína, marcando un aumento del almidón a medida que disminuye la proteína y aumentan el resto de los constituyentes.

Un contenido de 68,2% de extracto libre de nitrógeno, es señalado para arvejas enteras (SUMNER *et al.,* 1981). Para las semillas de arveja con la eliminación de la testa el contenido de extracto libre de nitrógeno aumenta a 68,8%.

COLONNA *et al.* (1980) indican en su estudio un contenido de extracto no nitrogenado cercano al 51% para el cultivar de testa rugosa (Frogel) y 56,2% para el cultivar de testa lisa (Frimas).

2.2.3 Grasa. Los lípidos contenidos en las leguminosas constituyen un pequeño porcentaje sobre toda la composición, variando de 1 a 6% dependiendo de la especie (ALTSCHUL, 1974; BRESSANI *et al.* 1980). Un estudio, citado por ALTSCHUL (1974), determina que el contenido de triglicéridos en arvejas es 0,89%.

Las leguminosas usualmente contienen sólo entre 1 y 2% de lípidos, existen algunas excepciones notables como soya o maní que contienen 18 y 43,3%, respectivamente (BOULTER, 1980; DE HARO, 1983).

BRESSANI *et al*. (1980) mencionan que el contenido de extracto etéreo para la especie *Pisum sativum* es igual a 1,6% de su peso seco.

Las grasas de las leguminosas son ricas en ácidos grasos esenciales, variando considerablemente en los distintos géneros. En la mayoría de los casos los ácidos grasos oleico y linoleico representan alrededor del 65 % del total de los ácidos grasos presentes en las semillas (DE HARO, 1983).

En su trabajo, SILVA (1990) menciona la importancia de la incorporación de lípidos en las dietas para truchas, ya que juegan un papel importante en los procesos de producción de energía, además son fuente de ácidos grasos esenciales y medio de transporte de sustancias no grasas como vitaminas liposolubles. También hace alusión a los niveles de incorporación en la dieta de la trucha, y según el autor los niveles fluctúan entre 4 y 20%, cuidando no exceder los niveles ya que se pueden producir efectos negativos en los peces.

REICHERT y MACKENZIE (1982) En su investigación encontraron la existencia de una relación inversa entre el contenido proteico y la materia grasa, debido a que mientras la harina de arveja descascarada aumenta en contenido proteico, el contenido de materia grasa de ésta disminuye, manteniendo una proporcionalidad inversa, donde en su estudio, el contenido total de grasa para la arveja es de 2,99% y de 28,5% de proteína.

Se realizó la producción y evaluación de proteína de arveja, donde se obtuvieron valores del contenido graso de 2,2 y 2,1% para la harina entera y descascarada, respectivamente (SUMNER *et al*; 1981).

COLONNA *et al.* (1980) en su investigación señalan que para el cultivar Frimas, de testa lisa, y para el cultivar Frogel, de testa rugosa, se encontró niveles de grasa de 2,0 – 2,3% y 4,5% respectivamente.

Rhone-Poulenc citado por RACZ (1997) señala que el contenido de materia grasa de las semillas de arveja es relativamente bajo, y que de varios valores disponibles se obtiene una media de 1,38%, y que el ácido graso de mayor presencia es el ácido linoleico con un 0,56% de la semilla.

2.2.4 Fibra. Los granos de leguminosas comestibles poseen comúnmente entre un 3 y un 8% de fibra cruda (ALTSCHUL, 1974). En muchos países son consumidos descascarados, debido a su cutícula fibrosa, lo que aumenta su digestibilidad y valor nutritivo (PENNACCHIOTTI, 1989).

Según ROMEO *et al*. (1983) el contenido de fibra cruda en arveja oscila entre 0,4 y 1,1% para harina precocida y de 4,8 a 6,5% para harina cruda, observándose la disminución de su contenido al ser sometida a la precocción.

BRESSANI *et al*. (1980) mencionan el contenido de fibra cruda para la especie *Pisum sativum* igual a 6,7% de peso seco.

SUMNER *et al.* (1981) en su trabajo presentaron que el contenido de fibra para muestras de semillas de arveja enteras es de 6,5% y este disminuye a 2,7% al ser los granos descascarados.

Hilton *et al*. citados por SILVA (1990) indican la importancia de mantener niveles de fibra inferiores a 10% del alimento, ya que el contenido de fibra incide directamente sobre el consumo del alimento, aumentando su tamaño y distensibilidad estomacal, además disminuye el tiempo de evacuación gástrica, disminuyendo la digestibilidad de la materia seca debido a que el alimento se mantiene por menor tiempo en el tracto digestivo.

RACZ (1997) expone que para medir el contenido de fibra existen distintas vías, como el porcentaje de fibra cruda, % fibra ácido detergente, % fibra neutro detergente y % de lignina. Para la arveja el contenido de fibra cruda es de 5,50%, de la cual la mayor cantidad esta en forma de hemicelulosa y celulosa, aun así se considera la fibra de semillas de arveja altamente digestible por rumiantes y algunos monogástricos como el cerdo.

2.2.5 Minerales. El contenido de cenizas en las leguminosas varía en un rango entre 2,5 y 4,2%, encontrándose fósforo en mayores cantidades, cerca de 300 mg/100 g de leguminosa; el contenido de calcio disponible es cercano a 100 mg/100 g; contenido de fierro entre 5 y 12 mg/100 g; en definitiva las

leguminosas son fuentes pobres de minerales. El proceso de germinación permite una mayor disponibilidad de minerales (ALTSCHUL, 1974).

CUADRO 5. Promedios de minerales en mg/100g.

Tipo de harina	Fe	P	Ca	Cu	Na	K
Harina de arveja cruda	33,3	302	56	0,95	28	886
Harina de arveja precocida	16,4	276	64	0,55	2012	719

FUENTE: ROMEO *et al.* (1983).

Sobre el contenido de cenizas ROMEO *et al.* (1983) señalan que para la harina de arveja cruda es de un 3% y para la harina precocida es de un 6,8%. Además, entregan valores en mg de mineral por 100 g de muestra de harina de arveja; estos valores se presentan en el CUADRO 5.

BRESSANI *et al.* (1980) indican que el contenido de cenizas para la especie *Pisum sativum* es igual a 2,9% de peso seco.

REICHERT y MACKENZIE (1982) obtuvieron el contenido de cenizas para las muestras de su estudio, que consistían en 4 harinas de arveja de distinto tenor proteico, los valores fueron de 3,3; 3,0; 2,7 y 2,8% para contenidos proteicos de 14,5; 18,3; 24,2 y 28,5%, respectivamente. Se puede observar que a medida que aumenta el contenido proteico, disminuye levemente el contenido de cenizas.

SUMNER *et al.* (1981) encontraron valores para harina entera de arveja de 3,0% y para la harina descascarada el contenido de cenizas disminuye a 2,9%.

COLONNA *et al.* (1980) indican que para la harina de arveja del cultivar Frimas el contenido de cenizas es de 3,4% y para el cultivar Frogel es de 3,1%.

Marquardt y Bell son citados por RACZ (1997) y señalan en su investigación que el contenido de cenizas para semillas de arveja es de 3,30% (base seca) y las trazas de minerales son consideradas similares a otros cereales de grano e incluso en su bajo contenido de calcio.

2.2.6 Contenido de fósforo. Debido a la importancia particular de este mineral, se decidió tratarlo en forma separada**.** El contenido de fósforo para granos de arveja descascarados varía según su contenido proteico, por ejemplo, para granos con 28,5% de proteína el contenido de fósforo es 0,36%, para 24,2% de proteína contendrá un 0,30%, los rangos presentados llegan hasta 0,46% y presentan una leve relación inversa con el contenido proteico (REICHERT y MACKENZIE, 1982).

COLONNA *et al*. (1980) señalan que el contenido de fósforo para las arvejas de testa lisa es de un 35,6% sobre el contenido de cenizas (3,4% de cenizas), siendo 1,21% de fósforo total, y para las arvejas de testa rugosa el contenido de fósforo es de 39% sobre el contenido total de cenizas (3,1% de cenizas), obteniendo igual porcentaje.

Según Canadian Research Data citados por RACZ (1997) el contenido de fósforo de las arvejas es de 0,41% (base seca).

2.2.7 Vitaminas. Las leguminosas son claramente una buena fuente de tiamina, riboflavina y niacina, también se destaca que su contenido se ve favorecido con el proceso de germinación (ALTSCHUL, 1974).

Según la investigación presentada por ROMEO *et al*. (1983) se indica que los promedios de tiamina para la harina cruda y precocida de arveja fueron 0,61 y 0,12 mg/100g respectivamente. Y para la riboflavina fueron 0,08 y 0,04 mg/100g respectivamente.

2.3 Naturaleza química y sustancias antinutricionales de la arveja

El gran inconveniente de las leguminosas no es su carencia de nutrientes, sino la presencia de factores antinutricionales que se ubican en el grano especialmente, dentro de dichos factores se encuentran factores antitrípticos, hemaglutininas, factores latíricos, glucósidos cianógenos, saponinas, alcaloides, aminoácidos no proteicos (CUBERO y MORENO, 1983).

2.3.1 Glucósidos. La flatulencia es causada por la fermentación intestinal de oligosacáridos, que no son digeridos por los monogástricos por no poseer la enzima alfa-galactosidasa en su tubo digestivo. Dentro de los oligosacáridos responsables de la flatulencia se encuentran la rafinosa, que es el miembro más simple de esta familia y corresponde a un trisacárido muy abundante en la naturaleza que se desdobla en glucosa, galactosa y fructosa. La estaquiosa, que es un tetrasacárido que se hidroliza en dos moléculas de galactosa, 1 mol de glucosa y 1 mol de fructosa. La verbascosa que es un pentasacárido. Estos azúcares se encuentran generalmente en las arvejas secas y se forman durante la maduración, en la siguiente secuencia: sacarosa, rafinosa, estaquiosa, verbascosa, y desaparecen durante la germinación de las semillas (PENNACCHIOTTI, 1989).

En el CUADRO 6 se presentan el contenido de azucares de diferentes leguminosas, expresadas en %.

CUADRO 6. Azúcares contenidos en diferentes leguminosas.

Legumbre	Sacarosa	Rafinosa	Estaquiosa	Verbascosa
Arveja	3,0	0,5	3,9	0,7
Arveja de Alaska	2,2	0,3	2,2	2,1
Soya	2,9	0,4	3,5	--
Lenteja	2,0	0,2	3,0	1
Alfalfa	1,0	0,4	5,0	Tr.

FUENTE: PENNACCHIOTTI (1989).

2.3.2 Inhibidores de tripsina. Hayward y Hafner citados por LIENER (1977) indican que se atribuyó a los inhibidores de tripsina la responsabilidad de inhibir la proteolisis intestinal, disminuyendo el valor nutritivo de soya no tratada térmicamente. Cabe destacar que los inhibidores de tripsina interfieren con la disponibilidad o utilización de metionina de las raciones de leguminosas.

Según Chernick *et al.*; Booth *et al*.; Konijn y Guggenheim, citados por LIENER (1977), indican que la observación que ayudó a la mejor comprensión de la acción de los inhibidores de tripsina fue que los animales con dieta basada en porotos, desarrollaban hipertrofia del páncreas, lo que acompañaba con un incremento de la tasa de síntesis de enzimas proteoliticas.

Un ejemplo, mencionado por Lyman y Lepkovsky; Alumot y Nitsan citados por LIENER (1977), indica que la cantidad de tripsina producida por el páncreas no es suficiente para neutralizar la cantidad de inhibidor presente en el tracto intestinal, la proteolisis de la proteína intacta es obviamente disminuida, lo que conduce a un incremento en el nitrógeno fecal, lo que es generalmente observado en animales que reciben dietas con este inhibidor.

Es relativamente fácil eliminar los componentes antinutricionales de las leguminosas, incluyendo el inhibidor de tripsina, que puede ser destruido por tratamiento térmico, donde la duración del tratamiento, las condiciones de humedad, el tamaño de la partícula, etc, son factores importantes a considerar en el proceso. Por ejemplo, en su investigación REFSTIE *et al.* (2000) indican que inhibidores de tripsina presentes en la soya son eliminados por tratamiento térmico, ya sea por extrusión o tostado de las semillas.

Es necesario señalar que la arveja, como toda semilla de leguminosa de grano, tiene factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, taninos y otros, que según LANUZA (1990), no representan un problema nutricional, por encontrarse éstos a niveles relativamente bajos. Existen diferencias en los contenidos, dependiendo si las arvejas son de otoño o primavera, o si son del tipo liso o rugoso.

Se ha evaluado el efecto del empleo de fuentes proteicas de origen vegetal en la dieta de truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), considerando la presencia de factores antinutricionales, como inhibidores de tripsina, los que podrán estar presentes en niveles muy bajos, generalmente menores a un 5% (Pike *et al*.; De la Higuera y Cardenete, citados por REBOLLEDO, 1993).

2.3.3 Acido fítico. Cosgrove citado por REDDY *et al.* (1982), indica que al analizar la función biológica del ácido fítico se observa que generalmente ha sido considerado como la reserva primaria de fosfato e inositol en la mayoría de las leguminosas.

Hall and Hodges; Asada *et al*.; Biswas y Biswas; Sobolev y Rodionova, citados por REDDY *et al.* (1982), indican que tres roles fisiológicos han sido sugeridos para el ácido fítico en leguminosas: (1) reserva de fósforo, (2) reserva de energía y (3) iniciación de dormancia. Sin embargo, según Williams citado por REDDY *et al.* (1982) existe evidencia que el ácido fítico sirve sólo de fuente de fósforo y cationes cuando la semilla o grano es germinado.

Según Welch et al. citado por REDDY *et al.* (1982), el contenido de ácido fítico de las arvejas es 1,20% calculado asumiendo 28,20% de fósforo en la molécula. El contenido de ácido fítico varía en cereales, legumbres y otras semillas aceitosas, la cantidad de ácido fítico varía de 0,50 a 5,20% en cereales, desde 0,40 a 2,06% en legumbres y desde 2,00 a 5,20% en semillas oleoginosas, excepto soya y maní.

En granos maduros de cereales, legumbres, y semillas oleoginosas la mayoría del fósforo presente se encuentra en forma de ácido fítico (fitato). La disponibilidad de fósforo presente como fitato depende de la especie, edad del animal que lo consume debido a la actividad de la enzima fitasa en el tracto intestinal de la especie. Al fitato se le considera generalmente por disminuir la disponibilidad biológica de la mayoría del fósforo inorgánico presente.

Rham y Jost citado por REDDY *et al.* (1982), indican que experiencias con animales determinaron que los alimentos compuestos por vegetales, como parte esencial de la dieta para la disponibilidad de minerales (como calcio, zinc, fierro y magnesio) se vuelven biológicamente indisponibles para absorción.

Bourdillon; Courtois y Barre; Smith y Rackis, y Cheryan citados por REDDY *et al.* (1982), hacen referencia a que la interacción del ácido fítico con las proteínas es del tipo iónico. Y que la interacción entre fitato y proteínas conduce a una disminución de la solubilidad de las proteínas.

El contenido de ácido fítico, para arvejas empleadas en la alimentación de porcinos, es de 1,20% (base seca), según Marquardt y Bell citados por RACZ (1997).

Se investigó el efecto del ácido fítico sobre la disponibilidad de proteínas en habas y arvejas, mediante análisis de muestras se obtuvo que el contenido promedio (± su desviación estándar) de ácido fítico de arvejas enteras es 0,85% ± 0,01; 0,94% ± 0,07; 0,75% ± 0,07 para los cultivares Imposnt, Finale y Rondo respectivamente (CARNOVALE *et al* , 1988).

2.4 Rendimiento de los cultivos de arveja

SLINKARD (1997) indica que la mayoría de las variedades tienen un peso de los 1000 granos superior a 220 gramos, con una densidad deseada de 80 a 90 plantas/m^2 (7 a 8 plantas/pie^2) requiriendo una proporción de siembra de 180 kg/ha o más. La producción promedio de Canadá occidental es de 1800 kg/ha. Lo que significa que por cada semilla plantada el agricultor cosechará 10 semillas, en proporción 10:1, y comparándola con el trigo (30:1) o canola (300:1), nos señala que el mayor gasto de la producción es el costo de las semillas. Este elevado costo frena el ingreso de nuevos productores, o la adopción de nuevas variedades, pero puede significar una buena alternativa para productores de semilla de arveja con genealogía, compañías semilleras y reproductores de arveja.

REICHERT y MACKENZIE (1982) midieron el peso de 1000 granos enteros para arvejas de diferentes contenidos proteicos, encontrando una leve relación directa con el aumento de peso de los granos y el contenido proteico, en promedio encontraron un peso de 135 gramos.

2.5 Estudios sobre el uso de harina de arveja en alimentos para animales, especialmente salmónidos

De acuerdo a las características de su sistema digestivo, las especies animales se pueden separar en dos grandes grupos: monogástricos y

rumiantes. Sus diferencias anatómicas y fisiológicas condicionan una dinámica distinta del metabolismo de los compuestos nitrogenados de la dieta. Sin embargo, la síntesis proteica en todos los casos se realiza a partir de los aminoácidos, que proceden generalmente de la absorción intestinal (LANUZA, 1990).

En general, los animales monogástricos (cerdos, aves, peces) tienen una serie de enzimas que hidrolizan los compuestos proteicos de los alimentos hasta el estado de aminoácido, forma en la que son absorbidos. Los otros compuestos nitrogenados no proteicos (amidas, aminas y otros) no son aprovechables y se eliminan en las heces y orina. Por lo que el animal monogástrico debe recibir la cantidad de aminoácidos necesarios para cubrir su requerimiento productivo (LANUZA, 1990).

De acuerdo a la composición química de la arveja, esta puede complementarse con cereales para las raciones, debido a sus semejanzas en cantidad y tipos aminoacídicos, además su digestibilidad es equivalente a la de la soya en un 83% (LANUZA, 1990).

En el caso de uso en raciones de aves, Lanuza y Elizalde citados por LANUZA (1990), hacen una revisión de la información de literatura y mencionan que se han obtenido buenos resultados productivos en crecimiento de pollos, producción y calidad de huevos con gallinas de postura, cuando la arveja se incorporó a dietas isoproteicas e isoenergéticas en niveles de hasta un 42% del concentrado. Sin embargo, Simunovic, citado por LANUZA (1990), señala que al realizar una sustitución isoproteica de afrecho de soya por grano de arveja (33,66 y 100% reemplazo) encontraron que existía una caída en el consumo hasta los 49 días; después de este periodo, este efecto negativo desapareció, logrando ganancias de peso similares entre tratamientos.

El uso exitoso de arvejas en raciones para cerdos también ha sido confirmado por trabajos en diversos países. Se ha reemplazado la harina de pescado o de carne por arveja, con inclusión de hasta 28 – 40% de la ración. A mayor incorporación (53%) en la ración, se señala que existe una menor

velocidad de crecimiento. Sin embargo, para dietas con más de 20% de incorporación de arvejas, se debe suplementar con algunos aminoácidos para prevenir una baja respuesta animal (LANUZA, 1990).

Existen variados estudios sobre el empleo de proteína vegetal incorporada en la dieta de salmónidos, tales como lupino y afrecho de maravilla. Hasta ahora, el poroto de soya, ha sido el grano de mayor uso en la elaboración de dietas para peces, fundamentalmente en razón de su elevado porcentaje proteínico ya que posee una buena composición en aminoácidos esenciales en función de los requerimientos de los peces. Por otra parte, su digestibilidad, comparable con la harina de pescado, aseguraría disponibilidades de aminoácidos suficientes para promover tasas de crecimiento aceptables, sin embargo, ello depende del tratamiento tecnológico que se emplee para eliminar los factores antinutricionales (REBOLLEDO, 1993).

REFSTIE *et al*. (2000) estudiaron las diferentes respuestas nutricionales de dietas con soya en salmones del Atlántico y trucha Arco Iris, concluyendo que a niveles de un 30% de reemplazo de la harina de pescado se reduce la absorción y retención de nutrientes en los peces mencionados, comparado con las dietas que contenían a la harina de pescado como única fuente proteica. Debido posiblemente a factores antinutricionales presentes en la soya, como los inhibidores de tripsina.

No existe gran cantidad de investigaciones al respecto, y sólo algunas accesibles, dichos estudios involucran harina de arveja en reemplazo parcial de harina de pescado, evaluando paralelamente su incorporación en conjunto con otras fuentes proteicas de origen vegetal.

BUREL *et al.* (2000) informaron sobre la utilización de harinas de arveja y lupino extruídas, además de semillas de raps, incorporadas como un 30% de la dieta. Además, señalan la ventaja de aplicar un tratamiento térmico, como la extrusión, sobre las harinas con la finalidad de romper su estructura aumentando la digestibilidad del almidón, junto con la eliminación de factores

antinutricionales. También se indicó la necesidad del descascarado de las arvejas, para disminuir el contenido de fibra de la harina.

Para realizar la investigación, BUREL *et al*. (2000), evaluaron diferentes niveles de reemplazo de harina de pescado por las fuentes proteicas mencionadas. Los resultados del estudio señalan que las proteínas vegetales fueron digeridas por las truchas eficientemente, indicando incluso que la dieta que contenía lupino fue más eficiente que las de raps y arveja. Pese a ello, la dieta que empleaba raps igualaba a la dieta control, y sólo la dieta con harina de arveja presentaba una baja digestibilidad, especialmente del almidón, lo que conlleva a una disminución de la energía digerible, en comparación con el almidón de trigo, debido a que la fuente energética de la arveja es el almidón.

Es importante señalar lo referente al proceso de extrusión al que fueron sometidas las harinas, debido a que éste mejora la asimilación del alimento vegetal por parte del pez. Sobre la eliminación de la testa de la arveja se logró una disminución del contenido de fibra de la dieta y se incrementó la digestibilidad de ésta, disminuyendo el efecto que provoca sobre el tiempo de tránsito intestinal, atribuido directamente a la presencia de fibra y azúcar. También se indicó que el contenido de ácido fítico en el raps es más alto que en el lupino (4,15 – 4,43% base seca y 1,3% base seca, respectivamente). El fósforo presente en forma de fitato no es disponible para los salmónidos, ya que no posee fitasa endógena en su tracto intestinal. En conclusión, en la investigación BUREL *et al.* (2000), señalaron que el lupino es el sustituto vegetal más promisorio de los tres evaluados, y que la harina entera de arvejas extruidas es aparentemente de baja digestibilidad de proteínas y fósforo en la trucha, pero señalaron que éstas características mejoran considerablemente cuando se somete a la eliminación de la testa y al proceso de extrusión en la harina de arveja.

CARTER y HAULER (2000) evaluaron la incorporación de sustitutos proteicos vegetales (soya, arvejas y lupino) en reemplazo de harina de pescado, como la dieta control, en niveles de inclusión de 25 y 33%. Hacen

referencia del potencial de utilizar fuentes proteicas de origen vegetal como inclusión en alimentos extruídos comerciales para salmones del Atlántico. Se indica la gran cantidad de información que promueve el empleo de soya como sustituto de la harina de pescado en alimento para truchas, en contraste con el caso de la soya, son escasos los trabajos disponibles que utilizan otras leguminosas en el desarrollo de alimento para salmones.

Gomes *et al*. citado por CARTER y HAULER (2000), mencionan que la inclusión de concentrados proteicos co-extruidos de semillas de raps y arvejas llamado “Colzapro” no afecta el crecimiento de la trucha cuando se incorpora entre un 15 y un 45%. El estudio de CARTER y HAULER (2000) puntualiza que la inclusión de menos de un 33% de concentrado proteico de arveja es posible de utilizar, ya que no presenta variaciones considerables sobre el crecimiento y la digestibilidad del alimento para el salmónido. Finalmente se da énfasis en señalar la desventaja de los alimentos vegetales, debido a su bajo contenido de proteínas confrontándolo con el alto nivel de proteínas y aceites de los alimentos comerciales para salmónidos (solo comparables a la soya pese a que aún se mantiene bajo los niveles del harina de pescado), sin mencionar la gran cantidad de carbohidratos presentes en las leguminosas con efectos negativos para los salmones por ser un animal monogástrico. Para ello se menciona la importancia de un tratamiento de extrusión sobre la harina, mejorando su disponibilidad energética y nutricional, debido a la gelatinización del almidón y la eliminación de factores antinutricionales.

En la investigación de GOMES *et al.* (1995) buscan principalmente la evaluación de diferentes dietas sobre el crecimiento en las truchas, dietas que reemplazan gradualmente la harina de pescado y carne por otros ingredientes (lupino, Colzapro, soya tostada con grasa completa, gluten de maíz, soya micronizada con grasa completa y una mezcla de proteínas vegetales co-extruidas de habas y arvejas). Del documento se extrae, que si bien el reemplazo parcial de harina de pescado y carne por proteína vegetal entrega resultados exitosos, manteniendo los niveles de proteína y energía digestible

necesaria para la trucha, no es posible la sustitución total de la proteína de origen animal, ya que con un 100% de reemplazo la ingesta de alimento disminuye afectando directamente el crecimiento del pez. Esto debido posiblemente a factores intrínsecos de las proteínas vegetales empleadas que inducen a una significativa disminución del alimento consumido. Finalmente señala que está demostrada la posibilidad de un reemplazo parcial de la harina de pescado por proteínas vegetales no afecta el crecimiento de la trucha, pero se necesitan estudios posteriores para entender los factores gobernantes que afectan el consumo de alimento libre de carne y pescado.

2.6 Procesamiento de la harina de arveja empleada en dietas para salmónidos

Se considera que el tipo de procesamiento que requerirá la harina de arveja, para ser incorporada a la dieta de salmónidos, sería la extrusión.

La operación de extrusión de las mezclas de alimentos contempla una etapa de humectación del alimento, para luego someterlo a un proceso de cocción, realizado durante su transito a través de un tornillo sin fin, cuya cámara está diseñada para disminuir la presión interna en la operación. La extrusión consiste en someter los alimentos a intensas fuerzas de fricción, lo que en conjunto con la acción de vapor circulante a través de camisas térmicas, elevará la temperatura hasta 250 °C, por un período de tiempo de 1 a 1,5 minutos. De forma paralela al tratamiento térmico, las mezclas son sometidas a importantes niveles de presión (hasta 25 mPa). Una vez alcanzados los niveles máximos de presión interna en la cámara, ésta se disminuye bruscamente, lo que permitirá la expansión del vapor de agua del alimento, originándose un aumento del volumen de la masa, resultando en un pelet liviano y expandido[1].

Los beneficios que otorga el proceso de extrusión a la harina de arveja, radica en la incidencia significativa sobre el aprovechamiento nutricional del

[1] HEIDKE, F., BIFANI, V. 1998. Apuntes 1° Seminario de Ingeniería de Procesos “La Extrusión en la Industria Alimentaria”. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

alimento, por parte de los salmónidos que los ingieran. Tales beneficios son la gelatinización del almidón, lo que contribuye a importantes cambios fisicoquímicos en su estructura, traduciéndose en una mayor solubilidad en agua y liberación, parcial o completa, de la amilosa y amilopectina del gránulo de almidón en que se encuentra al estado nativo[1].

La extrusión es una operación que permite obtener dietas hiperenergéticas con altos porcentajes de materia grasa en su composición, debido a la factibilidad de incorporar elevados niveles de lípidos a los pelets extruídos. El aceite de pescado, debido a su gran disponibilidad, se ha incorporado en niveles superiores a 8 – 10% del total de lípidos ya presentes en la dieta, donde el contenido normal es de un 25 a 30%. Cabe considerar que mayores proporciones de aceite de pescado no pueden ser incorporadas en dietas producidas por el proceso de peletización de los alimentos[1], debido a que la fuerza ejercida en la compresión del alimento, provoca la separación de la materia grasa presente en estado líquido del pelet. El objetivo de introducir dietas de gran valor energético, está basado en hacer un uso más eficiente de los aminoácidos y ácidos grasos presentes en la dieta como fuente de energía.

Se ha demostrado que existe una mayor digestibilidad de la energía en dietas extruídas, en comparación con dietas peletizadas, y si se considera la eliminación de factores antinutricionales de la arveja, tales como inhibidores de tripsina, se aumentará la utilización digestiva por parte de los salmónidos[1] que consuman el alimento.

Con el proceso de extrusión también se logran mejoras de rendimiento del alimento por parte del pez, ya que este requerirá menor cantidad de alimento en su dieta, debido a que éstas presentan una mayor resistencia a la desintegración en el agua, disminuyendo el porcentaje de finos, que se traducen en pérdidas de alimento y contaminación de los fondos marinos, ya que la preparación de dietas extruídas de alta energía disminuyen el consumo

[1] HEIDKE, F., BIFANI, V. 1998. Apuntes 1° Seminario de Ingeniería de Procesos “La Extrusión en la Industria Alimentaria”. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

de alimento, reduciendo la contaminación del agua por fecas y desechos nitrogenados, también presentan una menor flotabilidad lo que permite una mejor apreciación visual de como es consumido el alimento por los peces y se evitan excesos de entrega de dieta (LARRAIN, 1996).

3 MATERIAL Y METODOS

3.1 Material

3.1.1 Semillas de arvejas empleadas. Se usó tres cultivares de arveja: Calle-calle, Perfected Freezer y Televisión. Las semillas fueron obtenidas en la comuna de Valdivia. La siembra y producción de los tres cultivares, se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile.

3.1.2 Material de laboratorio químico. Se trabajó en los laboratorios del departamento de Agroindustria y enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile en Santiago.

3.1.3 Elaboración de las harinas de arvejas. Se realizó empleando un molino eléctrico de laboratorio, Arthur H. Thomas Co. Scientific Apparatus del departamento de Agroindustria y enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

3.2 Métodos

3.2.1 Descascarado de las semillas de arvejas. Esta operación es necesaria para la disminución del contenido de fibra en las harinas en estudio. Se realizó previamente un remojo en agua a temperatura ambiente durante 12 horas aproximado, o el tiempo suficiente para separar la cáscara para su eliminación manual. La cantidad de semilla descascarada fue la suficiente para obtener muestras de harina de las tres variedades en triplicado de unos 300 gramos cada una.

3.2.2 Análisis próximal, análisis de fósforo y análisis de ácido fítico a las harinas de arvejas. Los análisis se realizaron por los siguientes métodos:

- Determinación de humedad por el método oficial ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS 934.01 (1995). Secado por vacío a 95-100°C.
- Determinación de cenizas por el método oficial AOAC 942.05 (1995). Método directo.
- Determinación de proteína por el método oficial AOAC 960.52 (1995). Método de Micro-Kjeldahl.
- Determinación de extracto etéreo por el método AOAC (1995).
- Determinación de fibra cruda por el método oficial AOAC 978.10 (1995).
- Determinación de fósforo por el método AOAC (1995). Método Vanado-Molíbdico (Colorimétrico).
- Determinación de ácido fítico por el método WHEELER y FERREL (1971).

3.2.3 Formulación teórica de las dietas, con incorporación de diferentes niveles de harina de arvejas. En el presente estudio se empleó información extraída de las investigaciones realizadas por HUGHES (1991), GOMES *et al*. (1995), REFSTIE *et al.* (2000), BUREL *et al.* (2000), CARTER y HAULER (2000), REFSTIE *et al.* (1998). En las cuales se evaluó el reemplazo total o parcial de harina de pescado por variados sustitutos proteicos vegetales, tales como lupino, arvejas, habas, gluten de maíz, soya, trigo, triticale, etc.

3.2.4 Evaluación de la calidad nutricional de la harina de arvejas, en la formulación del alimento para salmónidos. Esta información se obtuvo de la revisión bibliográfica acerca de la existencia de estudios sobre la calidad de la harina de arveja y su utilización en la formulación de alimentos para salmónidos.

3.2.5 Uso de programación lineal para establecer la factibilidad de reemplazar harina de pescado por harina de arvejas. Para programación lineal se empleó la aplicación “Solver” del programa “Excel 2000”, perteneciente a Microsoft. Donde se necesitó conocer los siguientes datos.

- Valor económico de la harina de pescado.
- Valor económico de la harina de arvejas.
- Composición química de la harina de pescado y otros ingredientes.
- Composición química de la harina de arvejas.
- Evaluación nutritiva de las dietas. Con apoyo bibliográfico.

3.3 Metodología estadística

3.3.1 Diseño experimental. Se analizaron los tres cultivares de arvejas, en función de la presencia de su testa, obteniéndose tres muestras de harina de arvejas enteras (con testa) y tres muestras de harina de arveja descascarada (sin testa), y en ambos casos se realizaron análisis en triplicado. Empleando un diseño factorial 3^1 x 2^1, se obtuvo el siguiente diseño:

- Tratamiento 1: harina de arvejas, cultivar Perfected Freezer, con testa.
- Tratamiento 2: harina de arvejas, cultivar Perfected Freezer, sin testa.
- Tratamiento 3: harina de arvejas, cultivar Televisión, con testa.
- Tratamiento 4: harina de arvejas, cultivar Televisión, sin testa.
- Tratamiento 5: harina de arvejas, cultivar Calle-Calle, con testa.
- Tratamiento 6: harina de arvejas, cultivar Calle-Calle, sin testa.

Donde se trabajó sobre la base de 2 factores en 3 niveles, cada uno:

  - 1 Factor categórico (cultivar) en 3 niveles (tres cultivares).
  - 1 Factor categórico (testa) en 2 niveles (con testa y sin testa).

- Los análisis realizados fueron próximal, ácido fítico y de fósforo.

3.3.2 Análisis de datos. Para analizar los datos se utilizó lo siguiente:

- Análisis de varianza (ANDEVA) – Statgraphics 5.0 plus.

- Test de rango múltiple (Tukey) para tratamientos significativamente diferentes – Statgraphics 5.0 plus.

3.4 Programación lineal. Se realizó un diseño de mezclas incluido Programación lineal. Se utilizó la herramienta “Solver” de Excel 2000 optimizando para mínimo costo.

4 PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis próximal

El análisis proximal de la harina de los tres cultivares de arveja (Perfected Freezer, Televisión y Calle-calle) elaborados con y sin testa, se realizó en el laboratorio de cereales del departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

CUADRO 7. Análisis próximal para proteínas, materia grasa, extracto no nitrogenado, cenizas, humedad y fibra de las semillas de tres cultivares de arvejas con testa y sin testa (% base seca ± desviación estándar).

Muestra	Proteínas %	M. grasa %	ENN %	Cenizas %	Humedad %	Fibra %
PFCT	25,14 ± 0,56d	1,57 ± 0,02b	50,94 ± 0,52d	3,06 ± 0,04a	12,15 ± 0,03a	7,13 ± 0,01b
PFST	28,00 ± 0,52c	2,35 ± 0,06a	52,55 ± 0,61c	2,88 ± 0,04ab	12,15 ± 0,03a	2,08 ± 0,01d
TVCT	31,50 ± 0,63b	1,44 ± 0,04c	43,70 ± 0,54f	2,81 ± 0,12ab	12,93 ± 0,05b	7,62 ± 0,04a
TVST	35,41 ± 0,27a	1,64 ± 0,03b	45,70 ± 0,23e	2,67 ± 0,01b	12,93 ± 0,05b	1,66 ± 0,01e
CCCT	23,74 ± 0,56e	0,85 ± 0,01e	54,18 ± 0,70b	2,54 ± 0,25bc	12,71 ± 0,02c	5,98 ± 0,02c
CCST	26,10 ± 0,66d	1,07 ± 0,01d	57,05 ± 0,71a	2,30 ± 0,27c	12,71 ± 0,02c	0,77 ± 0,01f

Letras distintas en una columna significan diferencias significativas a un nivel de confianza de 95% de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey.
PFCT: Cultivar Perfected Freezer con testa.
PFST: Cultivar Perfected Freezer sin testa.
TVCT: Cultivar Televisión con testa.
TVST: Cultivar Televisión sin testa.
CCCT: Cultivar Calle-calle con testa.
CCST: Cultivar Calle-calle sin testa.

4.2 Análisis estadístico

En la evaluación del análisis proximal, se utilizó un diseño factorial 3^1 x 2^1, lo que permitió el análisis separado de cada cultivar, determinando a la testa de las semillas como único factor estadístico en dos niveles (con testa y sin testa). Posteriormente se compararon los tres cultivares en estudio, evaluando las variaciones estadísticas en función del cultivar como único factor, y a su vez separando los datos con testa de los sin testa. El objetivo es obtener información individual de si el factor testa influye directamente sobre cada atributo nutricional, en otras palabras, establecer qué cultivar es el más indicado de emplear en la elaboración de dietas para salmones.

4.2.1 Proteínas. En el CUADRO 7 se presentan los contenidos de proteínas de las harinas con testa de los cultivares P. Freezer y Televisión, que superan los valores de contenido de proteínas para la arveja, excepto en el cultivar Calle-calle que contiene un porcentaje de proteína similar a lo informado por otros estudios (GOMEZ, 1983; Bravo, citado por CASTRO, 1996; ROMEO *et al.*, 1983; REICHERT y MACKENZIE, 1982; CARNOVALE *et al.*, 1988; KRARUP, 1977; RACZ, 1997).

De acuerdo al estudio que se cite se encontrará un determinado contenido de proteínas, que si bien son diferentes, todos señalan un rango entre 15 y 40%. Esto se puede explicar por el efecto que tiene el manejo de la semilla, su cultivo y el clima donde se produce la arveja en cuestión, por lo que todos los rangos pasarán a ser validos, y al revisar los datos obtenidos en el presente estudio, se observa que son congruentes a lo encontrado a lo largo de variadas investigaciones. Cabe destacar que en ninguna publicación previa se trabajó con los cultivares del presente estudio, lo que implica que las variaciones encontradas podrían atribuirse a las características propias de cada cultivar, referidas a fisiología, adaptación a la zona geográfica, asimilación de nutrientes de la planta, condiciones climáticas, y otros.

Es importante considerar que para promover la harina de arveja como sustituto proteico de harina de pescado en la formulación de alimento para salmónidos, está deberá poseer un contenido de proteínas elevado, situación que se observa en el cultivar Televisión y P. Freezer, que además, presentan un aumento de su contenido proteico al ser eliminada la testa, razón por la cual se considerará el empleo de harinas de arvejas sin testa en la formulación de dietas para salmónidos.

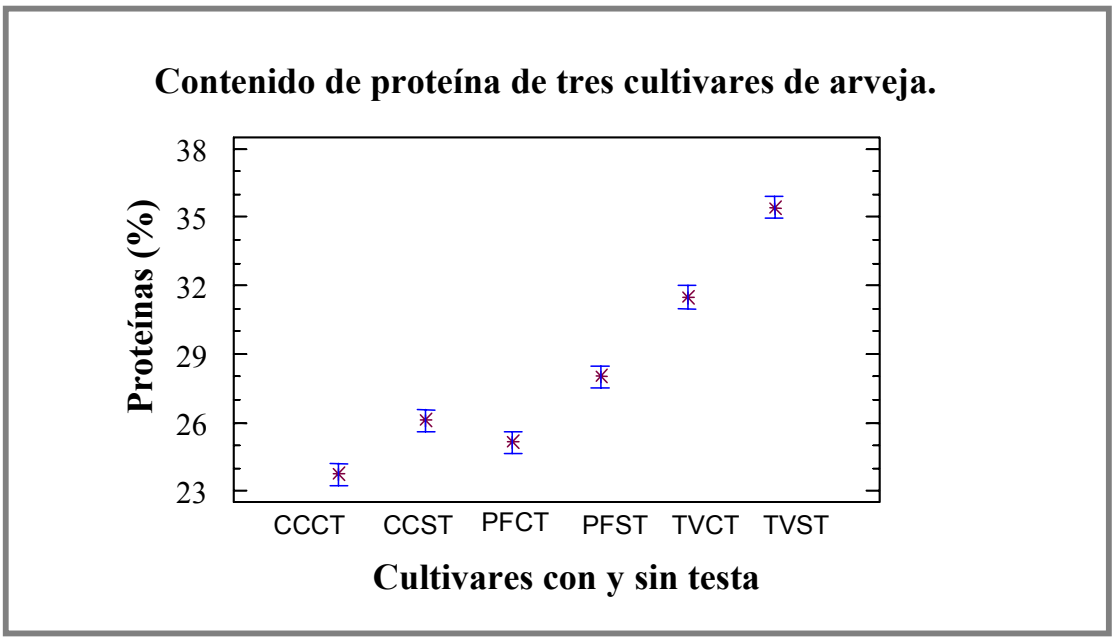

FIGURA1. Contenido proteico de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

Observando la FIGURA 1, se destaca el aumento del contenido proteico en los tres cultivares, debido a la eliminación de la testa.

El análisis de varianza arrojó diferencias estadísticas significativas, con un 95% de confianza, para los tres cultivares en estudio frente a la presencia de la testa, ya que los contenidos proteicos de las harinas de arvejas elaboradas sin la testa, presentan valores mayores que su variedad de harina entera. Cabe

destacar que el cultivar Televisión es la variedad de mayor contenido proteico, ya que la harina elaborada con testa supera incluso a las variedades sin testa de P. Freezer y Calle-calle, observándose un marcado incremento del contenido proteico al ser eliminada la testa.

Los resultados entregados en la FIGURA 1 muestran la importancia de la operación de descascarado para las respectivas harinas de arveja, debido a que aumenta el contenido proteico, mejorando su competitividad frente a la harina de pescado posible de reemplazar.

De la información presentada en la FIGURA 1, se puede indicar que el cultivar Televisión presenta el contenido mayor de proteínas de las harinas elaboradas con o sin testa, de los tres cultivares, y que además el proceso de eliminación de la cascarilla aumenta su contenido proteico, favoreciendo su preferencia como sustituto proteico en la elaboración de alimento para salmón.

4.2.2 Materia grasa. Las harinas de arveja estudiadas, y en general los vegetales, no son una buena fuente de lípidos, lo cual no llegará a ser inconveniente para su empleo en la formulación de alimento para salmónidos, debido al aceite de pescado incorporado. La importancia de la presencia de lípidos en el alimento de salmónidos se debe a que es importante en los procesos de producción de energía, junto con ser una fuente de ácidos grasos esenciales y permitir el transporte de vitaminas liposolubles u otros compuestos no grasos.

Los valores encontrados, para el cultivar P. Freezer sin testa, indican un contenido graso de 2,35% ± 0,055, semejante a los valores señalados para diversos cultivares de arveja en otros estudios (COLONNA *et al.,* 1980; ALTSCHUL, 1974; BRESSANI *et al.,* 1980). A continuación, revisando los restantes cultivares, se observa en el CUADRO 7 que para el cultivar Televisión sin testa disminuye su contenido de grasa por debajo del 2%, tal vez debido a que el contenido de proteína es alto, manteniendo cierta proporcionalidad

dentro de la semilla, ya que al incrementarse el contenido de un nutriente, disminuirá la participación de los demás nutrientes presentes.

Revisando los contenidos grasos de las harinas en estudio, se confirma la baja disponibilidad de lípidos por parte de la arveja para la elaboración de alimento para salmónidos. También se indica que los valores encontrados pertenecen a datos reales y normales para muestras de harina de arveja, comparables con los valores encontrados en literatura (ALTSCHUL, 1974; COLONNA *et al.,* 1980; BRESSANI *et al.,* 1980; BOULTER, 1980; DE HARO, 1983).

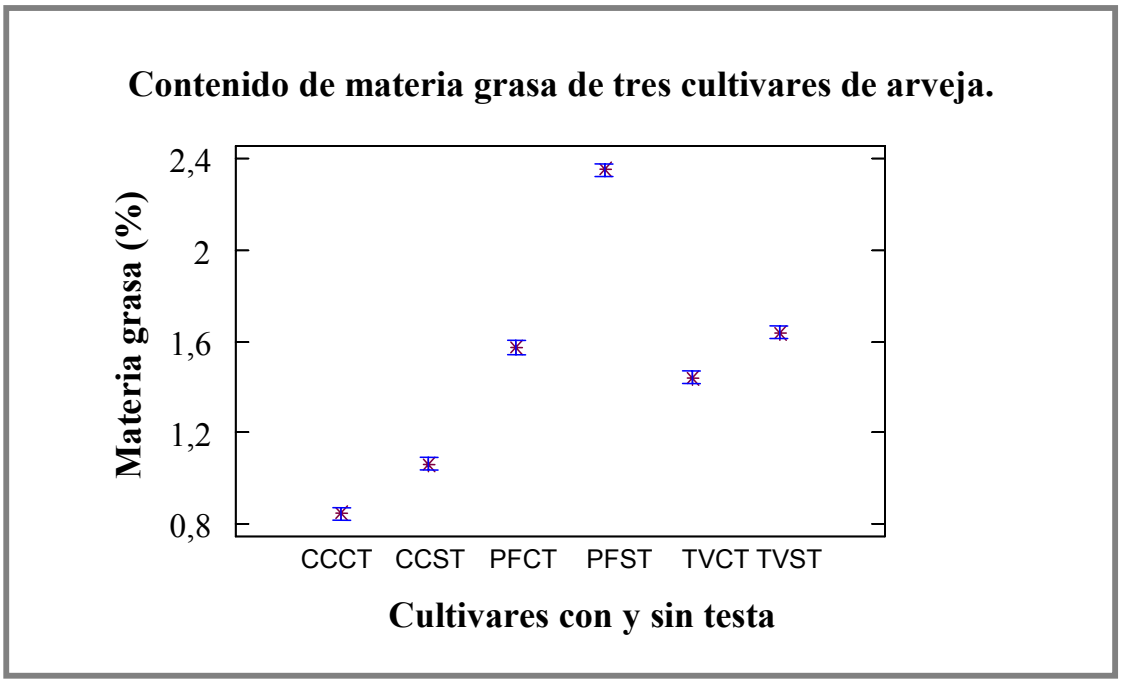

FIGURA 2. Contenido de materia grasa de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

En la FIGURA 2 se entregan los resultados del análisis estadístico realizado a las harinas de arvejas frente al contenido graso. En ella se observa la diferencia mayor que posee el contenido de grasa de los tratamientos sin testa. Corroborado estadísticamente por el análisis de varianza, que indica que

el factor testa influye frente al contenido graso de las muestras, observándose la presencia de seis medias estadísticamente diferentes, al 95% de confianza. Esto nos indica que el proceso de descascarado es favorable para aumentar el contenido de materia grasa y que este es diferente para cada cultivar.

La FIGURA 2, se puede analizar tomando en cuenta sólo los valores con testa de cada cultivar, en función de obtener solamente al factor cultivar en tres niveles de comparación, se observa que para la harina de arvejas P. Freezer el contenido graso fue mayor, presentando un menor contenido la harina de arvejas Calle-calle, para las harinas enteras.

Al realizar la comparación de los niveles de materia grasa para los valores sin testa, tomando el cultivar como único factor, se observa un aumento del contenido graso, siendo una situación predecible, dado que la testa prácticamente no contiene lípidos. Finalmente, la gráfica señala la existencia de tres grupos de datos homogéneos y diferentes entre si, lo que permite señalar que los tres cultivares no poseen el mismo contenido graso, y que sin importar la presencia de la cascarilla, el cultivar P. Freezer es la variedad de mayor contenido graso de los cultivares en estudio.

4.2.3 Extracto no nitrogenado. En el CUADRO 7 se observan los valores del extracto no nitrogenado (ENN) para las arvejas en estudio, claramente se aprecia que el contenido es similar a los encontrados en otras investigaciones (ALTSCHUL, 1974; GARRIDO, 1979; BRESSANI *et al.*, 1980; ROMEO *et al.*, 1983), y que éste responde a la expresión del contenido de almidón de los granos, como el constituyente principal.

La testa de los granos de arveja incide directamente sobre el contenido de ENN, debido a que la cascarilla se compone casi exclusivamente de fibra, y como se puede observar en la FIGURA 3, al eliminar la testa aumenta aparentemente el contenido de ENN, al igual que los otros macro-nutrientes.

Estadísticamente existen diferencias al comparar el contenido de ENN de las muestras, según la presencia de la testa, respaldadas por las diferencias

entregadas por el análisis de varianza (ANDEVA) y por la prueba de múltiple rango, que presenta la existencia de 6 grupos de datos diferentes entre sí, con un 95% de confianza.

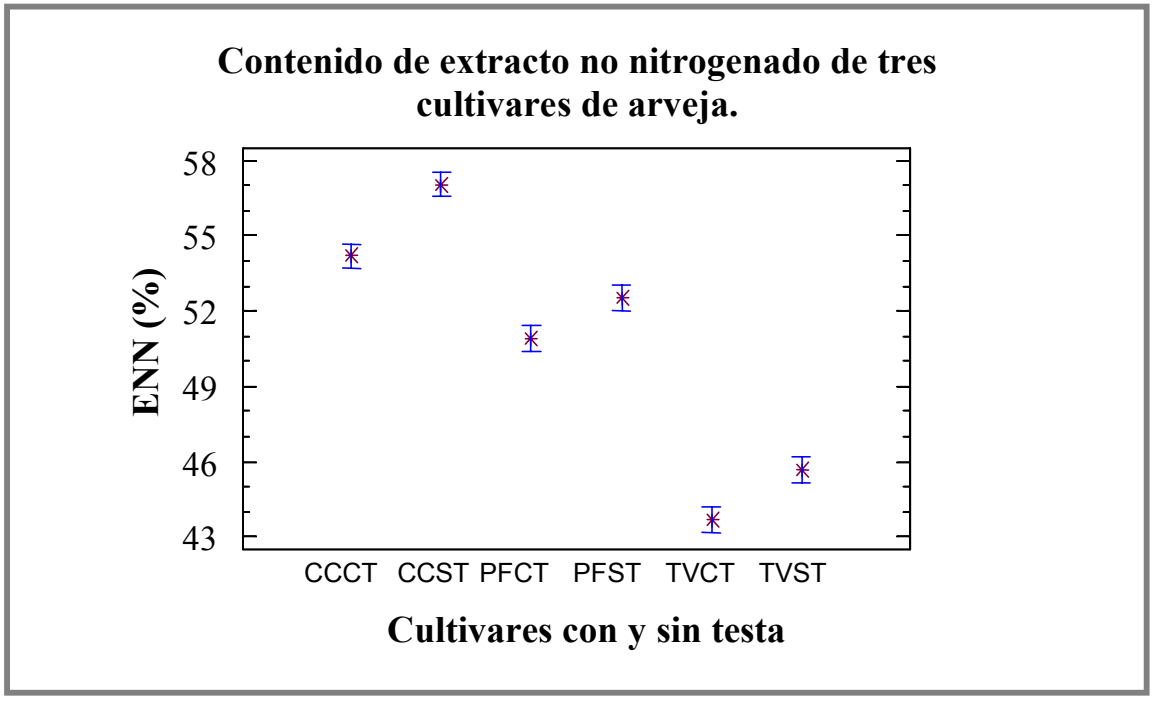

FIGURA 3. Contenido de extracto no nitrogenado de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

Ahora, si se comparan las tres harinas elaboradas con sus granos enteros, se observa que el mayor contenido de ENN se encuentra en el cultivar Calle-calle, seguido del cultivar P. Freezer y por último el cultivar Televisión.

El contenido de azúcares de una muestra se expresa generalmente en almidón, y se obtiene a través de la diferencia de 100 (como valor porcentual) menos la sumatoria de los constituyentes del análisis próximal realizado (proteínas, materia grasa, fibra, cenizas, minerales y humedad). Por lo tanto, en el caso del presente estudio, el cultivar Calle-calle presenta el menor contenido

de macro-nutrientes, comparado con los otros cultivares, ya que presenta el contenido de ENN más alto de los tres.

Es conocido que las leguminosas poseen valores relativamente parecidos de su contenido de ENN, aunque no se debe generalizar, siendo este del orden del 40% a 65% para las diferentes variedades (ALTSCHUL, 1974; GARRIDO, 1979; BRESSANI *et al.*, 1980; ROMEO *et al.*, 1983), y lo encontrado para los tres cultivares en estudio es normal y sus diferencias radican en la naturaleza de la variedad y su contenido de nutrientes, dado por el método de cálculo.

4.2.4 Fibra. En el presente estudio, se encontraron valores entre los 5,9 y 7,1% de fibra para semillas de arveja, porcentaje que disminuye cuando es eliminada la testa a valores de 0,7% a 2% (CUADRO 7).

Es importante la disminución del contenido de fibra que se produce al eliminar la cáscara, ya que en el alimento se debe mantener niveles de fibra inferiores al 10%, en función de prolongar la estadía del alimento en el tracto digestivo del animal, para fomentar la absorción de nutrientes, y en definitiva el mejor aprovechamiento del alimento.

En la FIGURA 4 se observan los resultados de la eliminación de la testa para los tres cultivares estudiados, que en conjunto con el análisis de varianza denotan la existencia de diferencias significativas sobre el factor testa, en sus dos niveles. Además se presentan seis medias de datos homogéneos y diferentes entre sí, por lo que se confirma que la eliminación de la testa afecta directamente el contenido de fibra en todas las muestras. Dicha disminución de la fibra es considerable, ya que disminuye cerca de un 5% de su valor original.

Se debe destacar que la cascarilla presenta en su estructura la mayor parte de la fibra presente en los granos de arveja, lo que queda revelado en la FIGURA 4 para el contenido de fibra relacionada con la eliminación de la testa.

Debido a que se confirma la diferencia entre los valores de los tres cultivares, se puede señalar que el cultivar Calle-calle presenta el menor contenido de fibra, de las harinas en estudio.

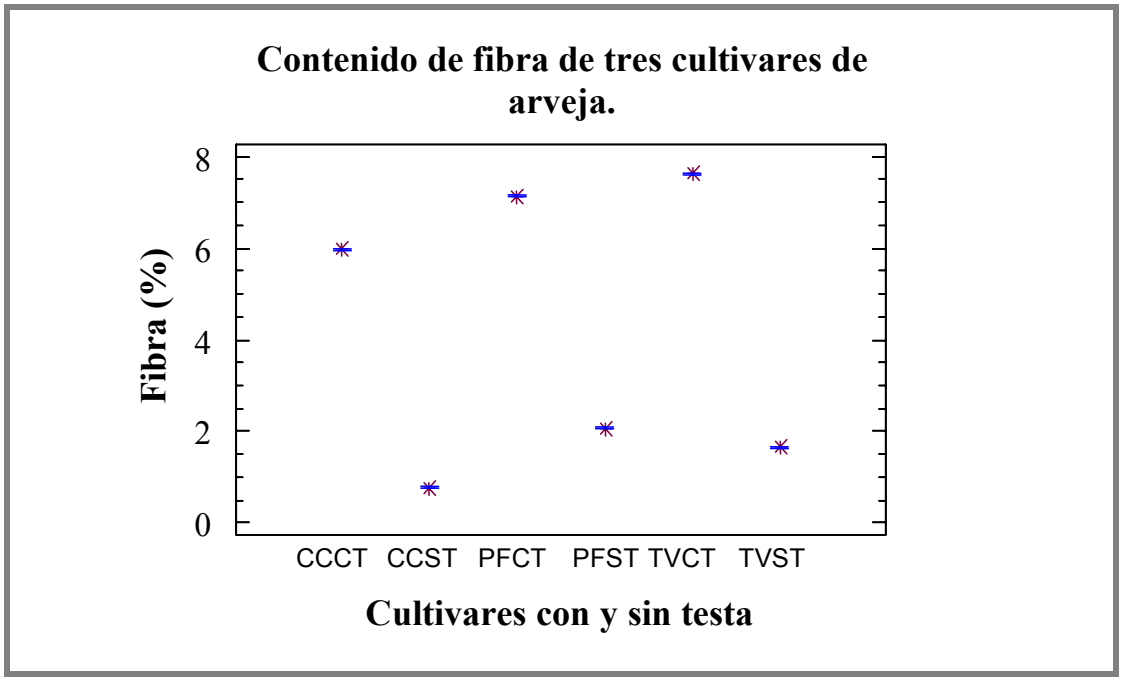

FIGURA 4. Contenido de fibra de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

4.2.5 Cenizas. Al visualizar el CUADRO 7, donde se presenta el contenido de cenizas del análisis próximal, se percibe que el contenido de ésta no disminuye proporcionalmente al aumentar el contenido de proteínas, tal como lo señalado por REICHERT y MACKENZIE (1982), sino que aumenta levemente. Claramente se observa que el contenido de cenizas es normal para la especie (ALTSCHUL, 1974; ROMEO *et al.*, 1983; BRESSANI *et al.*, 1980; REICHERT y MACKENZIE, 198; SUMER *et al.*, 1981), y lo que es importante rescatar es la disminución de minerales al eliminar la testa, debido a que naturalmente las leguminosas presentan una menor disponibilidad de ciertos micro-nutrientes

como es el caso del fósforo, por efecto del ácido fítico, conduciendo a una menor presencia de minerales que ofrecer a los peces en la formulación, debiendo incurrir en la complementación de estos.

Analizando los datos entregados en el CUADRO 7 se observa que el rango de cenizas no supera el 3,06% para la harina entera del cultivar P. Freezer, y el resto de los tratamientos oscilan entre los 2,30% y 2,88% de cenizas, además se extrae que la baja del contenido de cenizas se acentúa al eliminar la testa de la semilla, debido a que la cáscara contiene minerales en mayor proporción que proteínas y materia grasa.

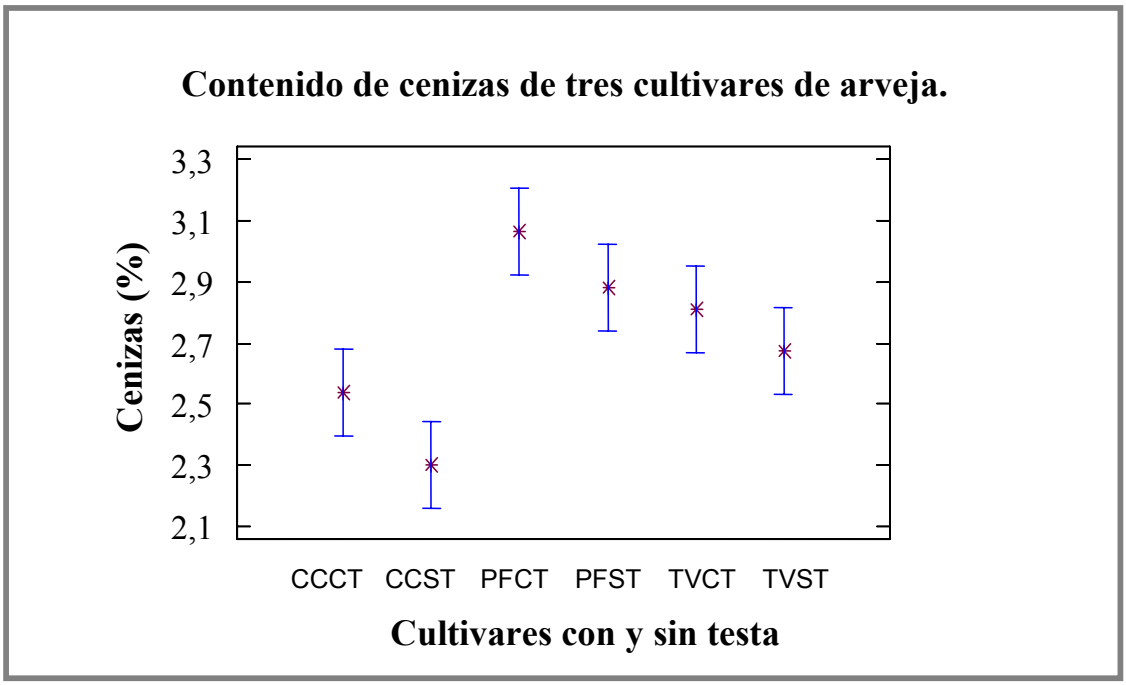

FIGURA 5. Contenido de cenizas de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

Observando la FIGURA 5, se destaca un menor contenido de cenizas al eliminar la testa. Pero también se extrae que no se presentan diferencias significativas entre los valores con y sin testa, para los 3 cultivares entre sí, o

sea, no se puede indicar que la eliminación de la testa tenga un efecto marcado con la disminución del contenido de cenizas de las harinas de arvejas.

Analizando sólo los valores sin testa, entre los tres cultivares, el cultivar Calle-calle es estadísticamente diferente a los cultivares P. Freezer y Televisión.

Para los valores con testa, el cultivar Calle-calle presenta diferencias significativas frente al cultivar P. Freezer, no así con el cultivar Televisión.

De lo anterior se discute que para ninguna variedad la eliminación de la testa produce una disminución considerable del contenido de cenizas de la harina, ya que los datos de cada variedad, con y sin testa, no son estadísticamente diferentes entre sí, resultados respaldados por la prueba de múltiple rango.

Mientras que al realizar una comparación entre los datos de los tres cultivares con la eliminación de la testa, se observa una disminución del contenido de ceniza similar en los tres tratamientos.

De lo anterior se puede interpretar que el cultivar Calle-calle presenta un menor contenido de cenizas que sus pares, ya sea en el formato con testa o sin testa, y las razones pueden ser propias del cultivar, a nivel genético, debido a que de los tres cultivares, Calle-calle es el único de tipo liso, los otros dos son rugosos, y el contenido de carbohidratos es mayor en los granos de arvejas lisos (GARRIDO, 1979; DE HARO, 1983), lo que influye en la disminución de los restantes constituyentes, siendo este el caso del contenido de ceniza.

Para los cultivares P. Freezer y Televisión no se observaron diferencias estadísticas, ya sea para las harinas con o sin testa, aunque a simple vista el mayor contenido de minerales lo posee P. Freezer, y puede ser valida su preferencia en un proceso de formulación de alimento, ya que se incurrirá en un menor empleo de suplementos minerales, con una mínima pero valida disminución de costos.

4.2.6 Humedad. El contenido de humedad informado en el CUADRO 7, para las harinas de arveja del presente estudio, guarda relación con valores para semillas de leguminosas, promediando el 12%. Estos variarán según el tiempo de secado de la semilla y se considera razonable un contenido de humedad hasta de 15% para la elaboración de harina, empleada en los análisis.

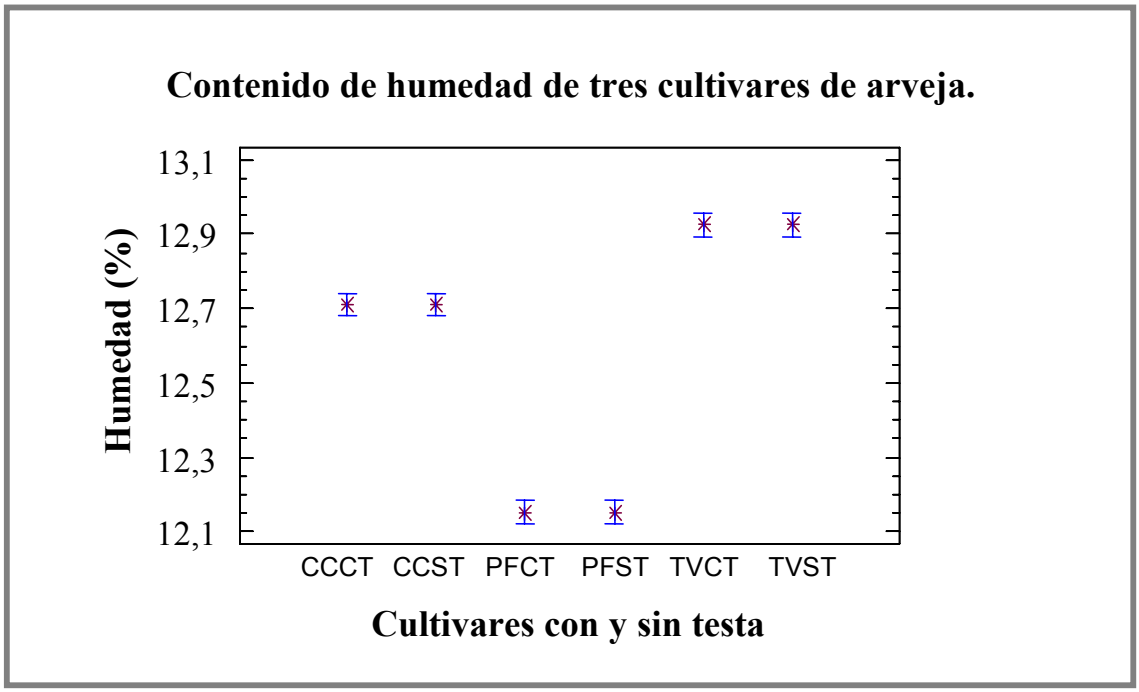

FIGURA 6. Contenido de humedad de tres cultivares de arveja con testa y sin testa, expresados en porcentaje base seca.

En la FIGURA 6 se observan los datos del contenido de humedad de los tres cultivares, donde cada variedad tiene valores iguales, debido a que para las harinas empleadas en los tratamientos sin testa, se debió mantener el valor de su humedad inicial, de modo de no alterar los resultados, ya que se sometieron a una operación de humectación, para facilitar el desprendimiento manual de su cáscara, para luego someterlas a secado por aire caliente, previo a la operación final de molienda. Tal situación es respaldada por los resultados del ANDEVA y

la prueba de rango múltiple, que señalan la inexistencia de diferencias significativa entre las muestras con y sin testa de cada cultivar.

El proceso de remojo, mencionado anteriormente, fue de corto periodo de tiempo de manera de evitar la difusión al medio líquido de sustancias que serían analizadas, tal como ácido fítico.

El contenido de humedad para el resto de los análisis, como el de proteínas, materia grasa o fibra no es relevante, ya que para todos ellos la muestra debió ser secada a peso constante en una estufa. En el caso de cenizas, la mufla empleada elimina la totalidad de la humedad.

4.3 Contenido de ácido fítico. En el CUADRO 8 se entregan los resultados del contenido de ácido fítico encontrado en las muestras de harina de arveja.

Los valores encontrados para el contenido de ácido fítico, de los tres cultivares en estudio, presentes en el CUADRO 9, son inferiores a los citados en otras investigaciones (Welch *et al*., citado por REDDY *et al.*, 1982; Marquardt y Bell, citados por RACZ, 1997; CARNOVALE *et al*., 1988). Lo mencionado anteriormente puede ser una ventaja, debido a que el ácido fítico (fitato) produce menor disponibilidad de proteínas y minerales como el fósforo, calcio, zinc, Hierro, magnesio (Bourdillon, Courtois y Barre, Smith y Rackis, y Cheryan, citados por REDDY *et al*., 1982), y debido a los bajos índices de ácido fítico presente en las muestras, se tendrán menores problemas de disponibilidad.

CUADRO 8. Contenido de ácido fítico de las harinas de los tres cultivares.

Muestra	Acido fítico (%)
P. Freezer sin testa	0,0335
P. Freezer sin testa (duplicado)	0,0323
Televisión sin testa	0,0268
Televisión sin testa (duplicado)	0,0292
Calle-calle sin testa	0,0297
Calle-calle sin testa (duplicado)	0,0306

4.4 Contenido de fósforo. En el CUADRO 9 se presentan los contenidos de fósforo, obtenidos de las muestras de harinas de arveja de los diferentes tratamientos, observándose que el contenido de fósforo de las muestras de harina de arveja es bajo en comparación con lo señalado por REICHERT y MACKENZIE (1982), lo cual no es un factor negativo, dado que se requerirán de ingredientes de bajo contenido en fósforo para la elaboración de alimento para salmónidos, no debiendo sobrepasar el 1,1% en las dietas.

En general, la revisión bibliográfica señala valores superiores para el contenido de fósforo en las arvejas (COLONNA *et al*., 1980; REICHERT y MACKENZIE, 1982; RACZ, 1997), pero en ninguna de ellas se mencionan los cultivares del presente estudio, por lo que puede inferirse que los cultivares investigados anteriormente presentan un contenido superior a P. Freezer, Televisión y Calle-calle, debido probablemente a condiciones de manejo del cultivo, ya que la mayoría son estudios de zonas geográficas que tienen una gran participación de la arveja en la agricultura (Canadá especialmente), por lo que la incorporación de nutrientes a las plantaciones puede variar las características nutricionales del grano. La otra causa posible radica en la fisiología propia del cultivar, dado por sus características genéticas (testa lisa o rugosa), que involucran un mayor contenido de algunos nutrientes (GARRIDO, 1979; REICHERT y MACKENZIE, 1982).

CUADRO 9. Contenido de fósforo de las muestras de harina de arveja.

Muestra	Fósforo (%)
P. Freezer con testa	0,26
P. Freezer sin testa	0,27
Televisión con testa	0,26
Televisión sin testa	0,29
Calle-calle con testa	0,22
Calle-calle sin testa	0,24

4.5 Rendimientos. Se midió el peso de los 1000 granos y el peso hectolítrico, los que se presentan en los CUADROS 10 y 11, respectivamente.

El peso de los 1000 granos encontrado en el presente estudio supera lo señalado por SLINKARD (1997), sobre un peso de 1000 granos superior a los 220 gramos, para cultivares de arvejas.

El peso de 1000 granos enteros para arvejas presentes en el CUADRO 10, nos indica que son mayores que los encontrados en literatura. Las variaciones radican en la posibilidad de que el tamaño de los cultivares empleados en los estudios previos sean pequeños, considerando que las semillas de P. Freezer y Televisión son destinadas a congelación, presentando un mayor tamaño que las que no son destinadas a este proceso.

CUADRO 10. Peso de los 1000 granos de arveja, expresado en gramos.

Propiedades	P. Freezer	Televisión	Calle-calle
Peso de 100 granos	23,1	23,8	18,6
	23,3	23,6	18,4
	24,0	24,1	18,1
Promedio	23,5	23,8	18,4
Peso de 1000 granos (g)	234,7	238,3	183,7

También es posible que los granos destinados a la elaboración de harina de arveja entera sean de menor tamaño, para mejorar los requerimientos de molienda. El cultivar Calle-calle es el único de grano redondo liso y es de menor tamaño, comparando los tres cultivares del CUADRO 10, resultando ser de menor peso, muy por debajo de los otros dos, debido a que el grano es más pequeño, esta situación es similar para los 1000 granos.

Debido a esto último, al medir el peso hectolítrico, la variedad Calle-calle destaca por ser la de mayor peso (82,11 kg/100 l), presente en el CUADRO 11, debido a que su menor tamaño permite que más granos de arveja ocupen el volumen destinado a 100 litros.

CUADRO 11. Peso hectolítrico de las semillas de arvejas.

Ensayos	P. Freezer	Televisión	Calle-calle
1er	73,0	71,6	82,0
2do	73,3	71,7	82,2
3er	73,3	72,2	82,1
Promedio kg / 100 l	73,2	71,8	82,1

4.6 Programación lineal

En la aplicación "Solver" de Excel 2000, se diseñó un modelo para la formulación de dietas, que considera los ingredientes presentados en el CUADRO 12. El modelo empleado optimiza el valor mínimo, posible de obtener de la combinación entre el precio de la materia prima y componentes nutricionales, sujetos a restricciones que determinarán los requerimientos de los salmónidos.

CUADRO 12. Ingredientes empleados en dietas para salmones.

INGREDIENTES	
Harina de arvejas Perfected Freezer	Harina de soya
Harina de arvejas Televisión	Vitaminas y minerales
Harina de arvejas Calle-calle	Fósforo
Harina de Pescado	Metionina
Gluten de trigo	Lisina
Gluten de maíz	Arginina
Aceite de Pescado	Triptófano
Harina integral de trigo	

FUENTE: CETECSAL S.A. (2002)[2].

Con el modelo de optimización se elaboraron tres variedades de dietas que satisfacen los requerimientos de los salmones, y que incluyen como ingredientes a las harinas de arvejas del estudio. Los niveles requeridos son

[2] Comunicación personal con el Sr. Sergio Silva P., Medico Veterinario, CETECSAL S.A.

2643 (26% de materia grasa y 43% de proteínas) destinada comercialmente a la alimentación de *smolt* (pequeño salmón) o salmones en primera etapa; **3043** (30% de materia grasa y 43% de proteínas) y **3040** (30% de materia grasa y 40 % de proteínas) ambas destinadas a etapas de crecimiento controlado y aumento de tejido adiposo del pez.

En la formulación del alimento de salmónidos se busca disminuir el empleo de harina de pescado. Considerando las propiedades de la harina de pescado (mayor contenido proteico, fibra, grasa, etc.) en comparación con la harina de arvejas, y además de mantener niveles de pescado en la dieta destinada a un animal carnívoro como el salmón, se redujo la cantidad de harina de pescado desde un $\pm$ 40% hasta un 30% como mínimo, sustituyendo el $\pm$ 10% por harina de arvejas.

CUADRO 13. Requerimientos para la formulación de dietas.

Requerimientos	Signo	Requerido (%)
Materia seca	≤	95
Proteína	=	43 – 40
Grasa	=	30 – 26
Fibra	≤	1
Cenizas	≤	10
Fósforo	≤	0,9 – 1,2
Metionina	≥	1,69
Lisina	≥	2,74
Arginina	≥	2,58
Triptófano	≥	0,4

FUENTE: CETECSAL S.A. (2002)[2].

En el CUADRO 13 se entregan los requerimientos o límites que se utilizaron en la formulación. El porcentaje de proteína y grasa variaban según la dieta a formular, mientras que las restricciones restantes se mantenían constantes.

[2] Comunicación personal con el Sr. Sergio Silva P., Medico Veterinario, CETECSAL S.A.

Cabe señalar que ciertas propiedades de los ingredientes fijaron los límites de las restricciones, ya sea por precio elevado como restricción natural o por constituyente limitante (contenido de fibra, fósforo, cenizas, proteínas, etc.), por ejemplo, la harina de pescado contiene 14,5% de cenizas, lo que significa que sólo el 40% de harina de pescado contendrá un 5,8% de cenizas, por lo que no se podrá exigir un contenido menor que 10% de cenizas total en la mezcla de ingredientes.

4.6.1 Elaboración de dieta 2643 para *smolt*. En la búsqueda de las dietas óptimas se elaboró gran cantidad de dietas de los cinco tipos (Dieta control, Dietas de harina de arveja de los tres cultivares sin la testa y Dieta con mezcla de harinas de arveja de los tres cultivares sin la testa), que incorporaban diferentes niveles de ingredientes, y de las que en definitiva se seleccionaría sólo una.

Para la dieta de 26% de materia grasa y 43% de proteína, presentada en el CUADRO 14, se obtuvo una dieta control de 374,078 pesos el kilogramo de producto, cuya base proteica estaba dada por harina de pescado, siendo la más económica de todas. Esto nos señala que la incorporación de harina de arvejas encarece el costo del alimento, incluso cuando las harinas de arvejas constituyen ingredientes de bajo costo, sino porque sus propiedades nutricionales no se comparan con la harina de pescado u otro ingrediente proteico de origen vegetal.

En el CUADRO 14 se señala como **Control2643** a la dieta control con 26% materia grasa y 43% proteínas, cabe destacar que esta dieta no considera la incorporación de harina de arvejas, de ningún cultivar. La dieta **HAPF2643** considera harina de arveja del cultivar Perfected Freezer. La dieta **HATV2643** contempla harina de arveja del cultivar Televisión. La dieta **HACC2643** involucra harina de arveja del cultivar Calle-calle. Finalmente la dieta **HAM2643** considera una mezcla de harinas de arvejas de los tres cultivares en igual proporcion.

CUADRO 14. Propiedades químicas y precios por kilogramo de las dietas 2643 (26% materia grasa y 43% de proteínas).

Propiedad	Control2643	HAPF2643	HATV2643	HACC2643	HAM2643
Precio ($/kg.)	**374,078**	383,184	378,055	387,328	380,318
Materia seca (%)	92,381	92,506	92,451	92,512	92,490
Proteína (%)	43,000	43,000	43,000	43,000	43,000
Grasa (%)	26,000	26,000	26,000	26,000	26,000
Fibra (%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cenizas (%)	7,017	5,526	5,459	5,738	5,622
Fósforo (%)	1,200	0,910	0,924	0,904	0,912
Metionina (%)	1,690	1,690	1,690	1,690	1,690
Lisina (%)	2,740	2,740	2,740	2,740	2,740
Arginina (%)	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580
Triptófano (%)	0,483	0,400	0,400	0,422	0,410

Control2643: Dieta Control 26% materia grasa y 43% proteína.
HAPF2643: Dieta con incorporación de harina de arvejas del cultivar P. Freezer sin testa, 26% materia grasa y 43% proteína.
HATV2643: Dieta con incorporación de harina de arvejas del cultivar Televisión sin testa, 26% materia grasa y 43% proteína.
HACC2643: Dieta con incorporación de harina de arvejas del cultivar Calle-calle sin testa, 26% materia grasa y 43% proteína.
HAM2643: Dieta con incorporación de mezcla de harinas de arvejas de los tres cultivares sin testa, 26% materia grasa y 43% proteína.

Del CUADRO 14 se destaca que todas las dietas presentadas cumplen plenamente los requisitos nutricionales y restricciones establecidas en la programación. Observando el contenido de fósforo de las dietas, se visualiza que todas las dietas, con incorporación de harinas de los diferentes cultivares de arvejas, disminuyen considerablemente el contenido de fósforo, desde un 1,200 a 0,9044 para la dieta HATV2643. esta situación es favorable para el cuidado del ecosistema de los centros de cultivo, debido a que se disminuye el fósforo en el alimento, y en definitiva disminuirá el contenido de fósforo, posible de liberar en la heces del pez al fondo marino.

CUADRO15. Composición porcentual de las dietas de la formulación 2643.

Ingredientes (%)	Control2643	HAPF2643	HATV2643	HACC2643	HAM2643
H. A. P. Freezer	0,000	0,150	0,000	0,000	0,050
H. A. Televisión	0,000	0,000	0,109	0,000	0,050
H. A. Calle-calle	0,000	0,000	0,000	0,149	0,050
H. de pescado	0,402	0,300	0,295	0,300	0,300
Gluten de trigo	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000
Gluten de maíz	0,154	0,253	0,250	0,200	0,230
Aceite de pescado	0,221	0,230	0,231	0,232	0,231
H. integral de trigo	0,124	0,025	0,058	0,000	0,020
Vitaminas y minerales	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Fósforo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Metionina	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Lisina	0,002	0,007	0,008	0,006	0,007
Arginina	0,002	0,004	0,004	0,003	0,004
Triptófano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Harina de soya	0,090	0,024	0,040	0,088	0,053
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Todas las dietas, con incorporación de harinas de arvejas, tienen un mayor precio que la dieta control. La dieta HATV2643 sobrepasa en 3,977 pesos el kilo a la dieta control, siendo la de menor costo de las dietas con incorporación de harina de arveja, logrando una reducción desde un 40,20% a 29,50% la harina de pescado, e incorporando 10,90% de harina de arvejas del cultivar Televisión, valores observables en el CUADRO 15. En tercer lugar de costos, queda la dieta con mezcla de las tres harinas de arvejas a 380,318 pesos el kilogramo de alimento.

Se extrae del CUADRO 15 que la composición química de las dietas no varía significativamente, salvo por la disminución del contenido de fibra de las dietas con harina de arvejas frente al control y junto con el costo del producto son los dos factores más relevantes, ya que los requerimientos se cumplen en todas las dietas.

En el CUADRO 15 se presenta la composición porcentual de las dietas mencionadas, destacando la disminución de la harina de pescado y de la harina

integral de trigo en las dietas propuestas y el aumento del gluten de maíz al incluir harina de arvejas. También es posible observar la poca participación de la harina de soya en las formulaciones, debido a que posee una propiedad limitante que se refiere a su contenido de fibra igual a 5%, aún cuando sea la fuente proteica más económica.

4.6.2 Elaboración de dieta 3043 para salmones. La dieta 3043 es la más difícil de elaborar debido a su alto contenido de grasa y proteína, y en consecuencia es la más cara de las tres dietas. En el CUADRO 16 se presentan las formulaciones propuestas, donde el precio de la dieta control 3043 es 385,298 pesos el kilo, 11,22 pesos más cara que la dieta control 2643.

Nuevamente se presenta la dieta HATV como la más cercana a la dieta control, 3,844 pesos mayor, seguido de la dieta HAPF, HACC y HAM.

CUADRO 16. Propiedades químicas y precio por kilogramo de las dietas **3043**.

Propiedades	**Control3043**	**HAPF3043**	**HATV3043**	**HACC3043**	**HAM3043**
Precio ($/kg.)	**385,298**	391,734	389,142	394,005	394,328
Materia seca (%)	92,926	93,057	93,015	93,095	93,046
Proteína (%)	43,000	43,000	43,000	43,000	43,000
Grasa (%)	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Fibra (%)	1,000	1,000	1,000	0,822	0,920
Cenizas (%)	7,341	5,482	5,455	5,382	5,473
Fósforo (%)	1,200	0,891	0,886	0,886	0,890
Metionina (%)	1,690	1,690	1,690	1,690	1,690
Lisina (%)	2,740	2,740	2,740	2,740	2,740
Arginina (%)	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580
Triptófano (%)	0,499	0,400	0,400	0,400	0,400

También se extrae la disminución del contenido de fibra y fósforo de las dietas propuestas frente al control. Desde una perspectiva que considera la importancia de disminuir el contenido de fibra de las dietas para la mayor permanencia del alimento en el tracto digestivo del animal y además la

disminución de fósforo, principal agente contaminante de los fondos marinos, de las zonas donde se encuentran las jaulas de cultivo, proveniente de las heces de salmones, el incremento en el costo no es muy elevado.

CUADRO17. Composición porcentual de las dietas de la formulación 3043.

Ingredientes (%)	Control3043	HAPF3043	HATV3043	HACC3043	HAM3043
H. A. P. Freezer	0,000	0,100	0,000	0,000	0,030
H. A. Televisión	0,000	0,000	0,100	0,000	0,050
H. A. Calle-calle	0,000	0,000	0,000	0,100	0,030
H. de pescado	0,420	0,298	0,293	0,300	0,300
Gluten de trigo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
Gluten de maíz	0,117	0,260	0,246	0,271	0,250
Aceite de pescado	0,262	0,272	0,273	0,274	0,273
H. integral de trigo	0,069	0,000	0,007	0,000	0,000
Vitaminas y minerales	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Fósforo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Metionina	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
Lisina	0,000	0,008	0,008	0,008	0,008
Arginina	0,001	0,004	0,005	0,005	0,005
Triptofano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Harina de soya	0,125	0,051	0,063	0,038	0,046
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

4.6.3 Elaboración de dieta 3040 para salmones. Debido a que la fuente exclusiva de grasa (energía) es el aceite de pescado (AP) se produce un aumento del precio en las dietas altas en grasa, más marcado que en las dietas con aumento del contenido proteico, debido a que las fuentes proteicas para sustituir la harina de pescado son variadas.

En el CUADRO 18 se presentan la dieta control y las dietas con sustitución de harina de pescado. Entre la dieta control y la dieta de mayor costo existe una diferencia de 6,358 pesos por Kilo de producto. También se observa una marcada disminución del contenido de fibra y fósforo.

CUADRO 18. Propiedades químicas y precio por kilogramo de las dietas **3040**.

Propiedades	Control3040	HAPF3040	HATV3040	HACC3040	HAM3040
Precio ($/kg.)	**378,628**	384,960	383,878	381,876	384,986
Materia seca (%)	92,718	92,835	92,784	92,853	92,842
Proteína (%)	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Grasa (%)	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Fibra (%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cenizas (%)	7,228	5,617	5,623	5,704	5,555
Fósforo (%)	1,200	0,924	0,893	0,913	0,874
Metionina (%)	1,690	1,690	1,690	1,690	1,690
Lisina (%)	2,740	2,740	2,740	2,740	2,740
Arginina (%)	2,580	2,580	2,580	2,580	2,580
Triptófano (%)	0,487	0,400	0,400	0,414	0,400

CUADRO 19. Composición porcentual de las dietas de la formulación 3040.

Ingredientes (%)	Control3040	HAPF3040	HATV3040	HACC3040	HAM3040
H. A. P. Freezer	0,000	0,100	0,000	0,000	0,050
H. A. Televisión	0,000	0,000	0,150	0,000	0,050
H. A. Calle-calle	0,000	0,000	0,000	0,100	0,050
H. de pescado	0,409	0,303	0,295	0,300	0,290
Gluten de trigo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gluten de maíz	0,079	0,200	0,164	0,179	0,180
Aceite de pescado	0,262	0,271	0,272	0,273	0,273
H. integral de trigo	0,118	0,050	0,028	0,032	0,012
Vitaminas y minerales	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Fósforo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Metionina	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
Lisina	0,001	0,007	0,007	0,007	0,007
Arginina	0,002	0,005	0,004	0,004	0,004
Triptofano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Harina de soya	0,122	0,057	0,072	0,098	0,076
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

En el CUADRO 19 se desglosa la participación porcentual de cada ingrediente, y se puede rescatar que para la dieta HAM3040 que incluye un 5% de cada harina de arvejas (total mezcla 15%) es la que presenta la mayor

disminución de fibra y fósforo a la vez, pero considera el mayor precio por Kilo de alimento.

Al sustituir un 10% de harina de pescado por harina de arvejas del cultivar Calle-calle se obtiene la menor diferencia de precio con la dieta control, 3,248 pesos por Kilo.

5 CONCLUSIONES

- Es posible emplear harina de arveja descascarada como sustituto parcial de harina de pescado, hasta niveles de 10% de reemplazo de harina de pescado, lo que permitirá amortizar el aumento del precio del alimento para salmónidos, producto del alza del costo de la harina de pescado como materia prima.
- Se podrá emplear hasta un 15% de harina de arveja descascarada en la formulación de las dietas, sin producir grandes cambios en el precio del alimento y cumpliendo los requerimientos de los salmónidos.
- Al eliminar la testa del grano de arveja, disminuye considerablemente el contenido de fibra, ya que la fibra se encuentra mayoritariamente en la testa, al igual que en otras las leguminosas de granos y cereales.
- El mayor contenido de minerales se encuentra en la testa de los granos de arveja.
- El cultivar Televisión es el de mayor contenido proteico y el de menor contenido de extracto no nitrogenado, siendo factores fundamentales para ser fuente proteica de sustitución. Y debido a ello, el presente estudio considera el cultivar Televisión como alternativa de reemplazo parcial de la harina de pescado de las dietas de salmónidos.
- Los cultivares Perfected Freezer y Calle-calle se pueden incorporar como sustitutos de harina de pescado en dietas para salmónidos, obteniéndose un alimento levemente más caro que con el cultivar Televisión.
- El bajo rendimiento de las semillas de arveja y la escasez de cultivos en la región disminuye su competitividad frente a otras fuentes proteicas de origen vegetal, como son el lupino y la soya, por nombrar algunos.

- Los cultivares de arveja empleados en el estudio contienen bajos niveles de ácido fítico y de fósforo, facilitando su utilización en dietas para salmónidos.

6 RESUMEN

Se realizó el estudio de factibilidad de emplear harina de arvejas como sustituto parcial de la harina de pescado en la formulación de alimentos para salmónidos. Se utilizó harina de tres cultivares de arvejas, Perfected Freezer, Televisión y Calle-calle, a las que se les realizó análisis proximal, contenido de fósforo y ácido fítico.

Una vez obtenida la composición proximal de las harinas de arveja se evaluó estadísticamente qué cultivar es el mejor para realizar sustitución de harina de pescado en la dieta de salmónidos. En función de los requerimientos nutritivos de los salmónidos y de los ingredientes empleados en la industria elaboradora de alimentos para salmones, se investigó la composición proximal de cada ingrediente y su precio de comercialización.

Mediante la aplicación “Solver” del programa Microsoft Excel, se desarrollaron las mezclas de las dietas, basadas en formulaciones comerciales de dietas 26/43, 30/40 y 30/43, expresadas como relación lípido / proteína, obteniendo dietas control y con diferentes niveles de sustitución. Luego seleccionando las dietas de menor costo y que cumplían a cabalidad los requerimientos exigidos, se compararon frente a las dietas controles, que son dietas sin sustitución de harina de pescado.

Se comprobó que existe la posibilidad de sustituir parte de la harina de pescado por harina de arvejas, hasta niveles de 15%, con una sustitución de hasta un 10% de la harina de pescadote la dieta, con un aumento leve del precio de las mismas.

Si bien la disponibilidad de cultivos arvejas, en el país es bajo, no se debe descartar como una posible alternativa para su empleo en alimentos para salmónidos, debido a la tendencia mundial a disminuir el recurso harina.

SUMMARY

A feasibility study for using pea flour as partial substitute for fish meal in salmonids feed formulation was carried out. Three pea cultivars were tested, Perfected freezer, Television and Calle-Calle, for proximal analysis and phosphorus and phytic acid content.

Once the pea flour proximal composition was obtained, the best cultivar for fish meal substitution was statistically established. Depending of the nutrition requirements for salmonids and the ingredients used by fish feed manufacturers, were investigated for proximal composition and price.

By mean of Microsoft Excel Solver tool diets were developed based on commercial diets of 26/43, 30/40 and 30/43, expressed as a lipid / protein relationship, obtaining control diets and different substitution levels.

Diets with minimum cost and complete satisfaction of fish requirements were selected and compared to the control diets with no fish meal substitution.

It was demonstrated that there is the possibility of substituting 10% of the diet fish meal with an inclusion of 15% of pea meal with a small price increase.

Even when the availability of pea crop in Chile is low, this is a possibility that should not be discharged because of the decrease on the world fish meal production.

7 BIBLIOGRAFIA

ALTSCHUL, A. 1974. New protein foods. Ed. Board. Washington, USA. 511 p.

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1995. Official Metods of Analisis AOAC International. Ed. Patricia Cunniff. Sixteenth edition. 2209 p.

BODWELL, C. E. 1977. Evaluation of proteins for humans. Ed. The Avi Publishing Co. Connecticut, USA. 327 p.

BOULTER, D. 1980. Ontogeny and development of biochemical and nutritional attributes in legume seeds. *In* Advances in legume science. Summerfield, R. J. Bunting, A. H. Eds. University of Reading. England. 667 p.

BRESSANI, R. and ELIAS, L. G. 1980. Nutritional value of legume crops for humans and animals. En: Advances in legume science. Summerfield, R. J. Bunting, A. H. Eds. University of Reading. England. 667 p.

BRESSANI, R. and ELIAS, L. G. 1974. Legume foods. En New protein foods. Ed. Board. Washington, USA. 511 p.

BUREL, C., BOUJARD, T., TULLI, F. and KAUSHIK, S. J. 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture, 188: 285-298.

CARNOVALE, E.,LUGARO, E. and LOMBARDI-BOCCIA, G. 1988. Phytic acid in faba bean and pea: effect on protein availability. Cereal chemistry, 65(2): 114-117.

CASTRO, V. 1996. Determinación de la calidad de las arvejas (*Pisum sativum* L.) partidas comercializadas en Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 53 p.

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

CISTERNAS, L. 1992. Respuesta de arveja (*Pisum sativum* L.) a la inoculación con seis cepas de *Rhizobium leguminosarum* L. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 68 p.

COLONNA, P., GALLANT, D. and MERCIER, C. 1980. *Pisum sativum* and *Vicia faba* carbohydrates: studies of fractions obtained after dry and wet protein extraction processes. Journal of Food and Science, 45: 1629-1636.

CUBERO, J. and MORENO, M. T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 359 p.

DE HARO, A. La calidad nutritiva de las leguminosas-grano y su control genético. En: Leguminosas de grano. Ed. Mundi-prensa. Madrid. pp. 211-247.

GARRIDO, T. 1979. Determinación del contenido de proteína y azúcares en arvejas (*Pisum sativum* L.) al estado verde y seco. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 34 p.

GIACONI, V. 1988. Cultivos de hortalizas. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 309 p.

GOMES, E. F., REMA, P. and KAUSHIK, S. J. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. Aquaculture, 130: 177-186.

GÓMEZ, A. 1983. Los granos de leguminosa como componentes proteicos para la alimentación animal. En: Leguminosas de grano. Ed. Mundi-prensa. Madrid. pp. 249-262.

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

KRARUP, A. 1977. Rendimiento de semillas y porcentaje de proteína de 118 líneas L y 7 cultivares de arveja (*Pisum sativum* L.) y sus correlaciones. Agro Sur. 5(1): 35-41.

LANUZA, F. 1990. Grano y subproductos de arvejas una alternativa en alimentación animal. INIA. Boletín Técnico. 161. 16 p.

LARRAÍN, C. 1996. Efecto de la presentación de la dieta de engorda sobre la respuesta productiva de la trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Universidad de Chile. Santiago, Chile. 48 p.

LETERME, P., MONMART, T. and BAUDART, E. 1990. Amino acid composition of pea (*Pisum sativum*) proteins and protein profile of pea flour. Journal Science Food Agriculture. 53: 107-110.

LINIER, I. E. 1977. Protease inhibitors and hemaglutinins of legumes. En: Evaluation of protein for human. The Avi Publishing Company, Westport, Connecticut, USA. Pp. 284-302.

PENNACCHIOTTI, I. 1989. Componentes naturales de las legumbres responsables de la flatulencia. Alimentos, 14(4): 68-70.

RACZ, V. J. 1997.Guía de la industria forrajera. Composición nutricional de la arveja forrajera. Ed. Dr. Dave Hickling. Pulse Canadá. Instituto Canadiense Internacional de Granos. Winnipeg, Canadá. 22 p.

REBOLLEDO, M. 1993. Respuesta productiva de trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) a dietas con diferentes niveles de proteína de origen vegetal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 61 p.

REDDY, N. R. SATHE, S. K. and SALUNKHE, D. K. 1982. Phytates in legumes and cereals. Advances in Food Research, 28: 1-92.

REFSTIE, S., KORSØEN, Ø. J., STOREBAKKEN. T., BAEVERFJORD, G., LEIN, I. and ROEM, A. J. 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 190: 49-63.

REFSTIE, S., STOREBAKKEN. T. and ROEM, A. J. 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of

oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. Aquaculture, 162: 301-312.

REICHERT, R. and MACKENZIE, S. M. 1982. Composition of peas (*Pisum sativum*) varying widely in protein content. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 30(2): 312-317.

ROMEO, M., ESCOBAR, B., MASSON, L., y MELLA, M. 1983. Composición química de harina de leguminosas cruda y precocida. Alimentos, 8(1): 3-9.

SILVA, M. 1990. Evaluación de dietas elaboradas en base a harinas de pescado, con o sin harina de crustáceos, en trucha arcoiris (*Salmo Gairdnori R.*). Tesis Lic. Agr. Concepción. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 78 p.

SLINKARD, A. E., 1997. Guía de la industria forrajera. Producción de arvejas en Canadá. Ed. Dr. Dave Hickling. Pulse Canadá. Instituto Canadiense Internacional de Granos. Winnipeg, Canadá. 22 p.

SUMNER, A. K., NIELSEN, M. A. and YOUNGS, C. G. 1981. Production and evaluation of pea protein isolate. Journal of Food Science, 46: 364-372.

WHEELER, E. and FERREL. R. E. 1971. A method for phytic acid determination in wheat and wheat fractions. Cereal chemistry. 48: 312 – 320.