

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Estudio de tres métodos de pelado para la extracción de
cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz) y
caracterización de la harina obtenida**

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

Carolina Sáez Teuber

VALDIVIA – CHILE

2006

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Fernando Figuerola R.

Ingeniero Agrónomo

M.S. Food Science

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Facultad de Ciencias Agrarias

PROFESORES INFORMANTES

Sr. Erwin Carrasco R.

Ingeniero Civil Químico

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Facultad de Ciencias Agrarias

Sr. Bernardo Carrillo L.

Ingeniero Agrónomo

Master en Ciencias e Ingeniería de Alimentos

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Facultad de Ciencias Agrarias

JAMÁS RENUNCIES A TUS SUEÑOS...
Dedico este sueño a mis papas, por todo el amor, ayuda
y comprensión recibida por ellos durante lo que llevo de vida. A
mi hermanito lindo "Gusti" y a Nacho, mi pololo, por todo el
apoyo que me dieron, por su comprensión y todo el amor.
¡¡¡LOS AMO MUCHO !!!

AGRADECIMIENTOS

- Deseo agradecer en forma especial a mis papas y hermano, por todo su amor y apoyo, que me han brindado siempre.
- A mi orna Yola, que de una u otra forma estuvo siempre pendiente de mí, un beso grande.
- A mi pololo, por su amor, paciencia, apoyo y comprensión.
- A mi profesor guía. Sr. Fernando Figuerola, por su ayuda y por guiarme en esta última etapa universitaria.
- A la tía Estela, tío Luchin, Canito y Pauli, quienes fueron mi familia en la ciudad de Valdivia.
- A mis compañeros de curso, en especial a Egon, Pauli y Nico, quienes durante toda la vida universitaria fueron mis compañeros de estudio y amigos.
- A todos mis amigos y amigas que estuvieron apoyándome, hasta en los carretes, pelando las famosas semillas.

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Árbol de algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i> Mol. Stuntz)	3
2.2	Identificación de la especie	5
2.3	Morfoanatomía del fruto	5
2.4	Morfoanatomía de la semilla	7
2.5	Composición nutricional del fruto, semilla y cotiledón de <i>P. chilensis</i>	8
2.5.1	Proteínas	9
2.5.2	Lípidos	12
2.5.3	Digestibilidad	13
2.5.4	Minerales	15
2.6	Factores antinutricionales (FA)	16
2.7	Obtención de la semilla y cotiledón de <i>P. chilensis</i>	17
2.8	Usos potenciales de la harina de <i>P. chilensis</i> y beneficios de la utilización de éstas en la alimentación humana y animal	18
2.8.1	Utilización de harina de <i>P. chilensis</i> en alimentación humana	18
2.8.2	Utilización de harina de <i>P. chilensis</i> en alimentación para animales	20
3	MATERIAL Y MÉTODO	23

3.1	Materiales	23
3.1.1	Materia prima	23
3.1.2	Equipos y materiales	23
3.1.3	Reactivos	23
3.2	Metodología de obtención de semillas, cotiledones y harina de <i>P. chilensis</i>	24
3.2.1	Obtención de la semilla	24
3.2.2	Obtención de los cotiledones	25
3.2.3	Obtención de harina a partir del cotiledón	26
3.3	Análisis químico de las harinas	26
3.3.1	Análisis proximal	26
3.3.1.1	Humedad	26
3.3.1.2	Proteínas	28
3.3.1.3	Extracto etéreo	28
3.3.1.4	Fibra cruda	28
3.3.1.5	Cenizas	28
3.3.1.6	Extracto no nitrogenado (E.N.N)	28
3.3.2	Determinación de fibra dietaria total (FDT)	28
3.3.3	Determinación de carotenos totales	29
3.3.4	Determinación de fenoles totales	30
3.4	Análisis físico de las harinas	31
3.5	Diseño experimental	33
3.6	Análisis de datos	34
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
4.1	Morfoanatomía de la semilla de <i>P. chilensis</i>	35
4.2	Resultados del rendimiento de semillas	38
4.3	Rendimiento de mucílago, cotiledón y harina según el origen y el tipo de pelado de la semilla de <i>P. chilensis</i>	40
4.3.1	Resultados del rendimiento de mucílago	43

4.3.2	Resultados del rendimiento de cotiledón	44
4.3.3	Resultados del rendimiento de harina	45
4.4	Resultados del análisis proximal realizado a las harinas	45
4.4.1	Resultados del contenido de proteína	46
4.4.2	Resultados del contenido de extracto etéreo	51
4.4.3	Resultados del contenido de fibra	53
4.4.3.1	Fibra cruda	53
4.4.3.2	Fibra dietaria total (FDT)	53
4.4.4	Resultado del contenido de extracto no nitrogenado	54
4.4.5	Resultados del contenido de ceniza	55
4.5	Determinación de contenido de carotenos y fenoles totales en la harina de <i>P. chilensis</i>	56
4.5.1	Resultados del contenido de carotenos	56
4.5.2	Resultados del contenido de fenoles	58
4.6	Resultados del análisis granulométrico realizado a las harinas	59
5	CONCLUSIONES	62
6	RESUMEN	64
	SUMMARY	65
7	BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición química <i>Prosopis chilensis</i> , presente en la semilla y cotiledones (g/100g peso seco)	9
2	Proteínas y fracciones proteicas de la semilla de <i>P. chilensis</i> (g/100g peso seco)	10
3	Composición aminoacídica del cotiledón de <i>P. chilensis</i>	12
4	Composición química de los cotiledones de <i>P. chilensis</i> tratados por calor seco (microondas) y calor húmedo (presión)	13
5	Digestibilidad de la proteína in vitro en semillas de <i>P. chilensis</i> cruda y procesada	15
6	Contenido de minerales de semilla de <i>P. chilensis</i>	15
7	Contenido de factores antinutricionales	17
8	Composición proximal de algunas especies vegetales utilizadas en alimentación humana como complemento proteico	20
9	Composición proximal de algunas especies vegetales utilizadas en la sustitución en alimento para peces	22
10	Número de malla y equivalente en micrómetro utilizados en el juego de tamices	32
11	Rendimientos de semillas a partir de 200 gramos de vaina seca	40
12	Rendimiento promedio de mucílago, cotiledón y harina (g/100g) según el tipo de pelado	43

13	Análisis proximal de las muestras de harina obtenida a partir del cotiledón de algarrobo	46
14	Valores de contenido de fibra dietaria soluble, insoluble y total presentes en harinas de cotiledón de <i>P. chilensis</i>	54
15	Valores promedios del contenido de carotenos y fenoles totales de las muestras de harinas obtenidas a partir del cotiledón de algarrobo	57
16	Resultados del análisis granulométrico realizado a las harinas	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Árbol de algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i> Mol. Stuntz)	4
2	Flores de <i>P. chilensis</i> agrupadas en inflorescencia (a) y vainas o frutos (b)	6
3	Morfoanatomía del fruto o vaina de <i>P. chilensis</i>	6
4	Morfoanatomía de la semilla de leguminosas	7
5	Diagrama de flujo para la elaboración de harina a partir de cotiledones de algarrobo	27
6	Esquema de trabajo utilizado en la determinación de carotenos	30
7	Esquema de trabajo utilizado en la determinación fenoles totales	31
8	Morfoanatomía de la testa y mucílago de la semilla de <i>P. chilensis</i>	36
9	Morfoanatomía del cotiledón de <i>P. chilensis</i>	37
10	Diferencias anatómicas entre células de almidón (a) y cotiledón de <i>P. chilensis</i> (b)	38
11	Vainas de algarrobo procedentes de zona central (a) y norte chico (b)	39
12	Semillas de <i>P. chilensis</i> procedentes de zona central (a) y norte chico (b)	39
13	Subproductos obtenidos a partir de la semilla de algarrobo, endospermo o mucílago (a), cotiledones (b) y harina (c)	41

14	Efecto del pelado con agua (a), soda (b) y ácido (c), sobre la coloración de las harinas	42
15	Resultados del análisis de varianza en relación al rendimiento de mucílago, cotiledón y harina según el tipo de pelado y el origen de la semilla de algarrobo	44
16	Resultados del análisis de varianza en relación al análisis proximal realizado a las harinas según el tipo de pelado y el origen de la semilla de algarrobo	48
17	Comparación del contenido de proteínas en diferentes especies vegetales utilizadas como complemento proteico en alimentación humana.	50
18	Comparación del contenido de proteínas en diferentes especies vegetales utilizadas como complemento proteico en alimentación animal.	51
19	Resultados análisis granulométrico	61

1. INTRODUCCIÓN

En Chile y algunos otros países de América, como también en el sudeste de Asia y África, existe como recurso natural forestal una especie arbórea denominada *Prosopis*. Esta es una especie antigua, con más de 40 variedades diferentes, donde su importancia económica radica tanto en su capacidad como productor de forraje, madera y reforestación de suelos secos y salinos, como también en el control de la desertificación.

En Chile, el género *Prosopis* está representado por 6 especies, de las cuales una de ellas corresponde a *Prosopis chilensis* Mol. Stuntz, denominada comúnmente algarrobo, donde su importancia en la industria de alimentos reside en la posibilidad de utilización tanto de sus vainas o frutos, como de sus semillas.

La semilla contiene los cotiledones, los que se caracterizan por tener un alto contenido proteico y una conveniente composición aminoacídica, lo que sería una buena alternativa a estudiar a fin de utilizarlos como complemento en la formulación de alimentos, ya sea para humanos como para animales.

Actualmente, la utilización del cotiledón de *P. chilensis* es poco conocida, debido probablemente a las dificultades presentes en la obtención de éstos, situación que podría cambiar al implementar un proceso simple y de fácil aplicación que asegure que las propiedades nutricionales no se vean afectadas, permitiendo así tener una alternativa real como fuente proteica en la formulación de alimentos.

La hipótesis planteada para esta investigación es la siguiente:

El método de pelado de la semilla de algarrobo (*P. chilensis* Mol. Stuntz) tiene una incidencia directa sobre las propiedades químicas y nutricionales del cotiledón y la harina elaborada a partir de éstos.

Para lo anterior se formularon los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Obtener una harina uniforme con una alta cantidad de proteína bruta y bajo contenido de fibra a partir de cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz).

Objetivos específicos:

- Probar y comparar tres métodos de pelado de modo de obtener las mejores condiciones en relación al rendimiento de cotiledón y harina a partir de la semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis*), con la finalidad de obtener una harina de alta concentración proteica.
- Determinar la composición química de las harinas a fin de establecer el mejor método de pelado en cuanto a su efecto sobre la calidad de las mismas.
- Caracterizar la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*), en cuanto a su potencialidad como fuente proteica en la formulación de alimentos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Árbol de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz)

De acuerdo a BURKART (1976), *Prosopis chilensis* denominada comúnmente algarrobo, corresponde a un tipo de leguminosa arbórea, cuyo género *Prosopis*, pertenece a la familia Leguminosae.

Prosopis chilensis, es un árbol nativo de Perú, Bolivia, Chile y noroeste de Argentina. Se le encuentra hasta 2900 metros de altura sobre el nivel del mar, pudiendo alcanzar entre 3 a 10 m de altura. De copa amplia y redondeada, tronco corto y grueso de hasta 0,7 m de diámetro, con ramificaciones arqueadas y flexibles desde la base. Las plantas presentan una enorme diversificación tanto en su hábito de crecimiento como en su follaje, el que puede presentar espinas de hasta 6 cm de largo (ESCOBAR *et al.*, 1987).

En Chile, según HURTADO *et al.* (2002), *P. chilensis* se encuentra desde la III Región hasta la VI Región (Colchagua), identificándolo como un árbol resistente a la sequía, de hasta 10 m de altura, originario de América del Sur, pero introducido en zonas áridas desde muchas partes del mundo. Cultivado como árbol de sombra y forrajero ya que es una especie de fácil cultivo y muy resistente a la escasez de agua.

P. chilensis, se desarrolla a temperaturas mínimas entre 2 y 12°C y máximas de 28 y 35°C, con promedio anual de 16°C. Prefiere los suelos de origen volcánico, gruesos y de textura arenosa, a menudos muy pedregosos y alcalinos. Es extremadamente resistente a la salinidad; crece en suelos ricos en sodio, con pH entre 7,6 hasta 8,9 (SERRA, 1997).

HURTADO *et al.* (2002) y PROKOPIUK *et al.* (2000), señalan que en algunos países las semillas son molidas y utilizadas como concentrados para todo tipo

de ganado, además de ser utilizado como productor de madera, leña y reforestación de suelos salinos como control de la desertificación. En la FIGURA 1 se observa el árbol de algarrobo (*P. chilensis*).

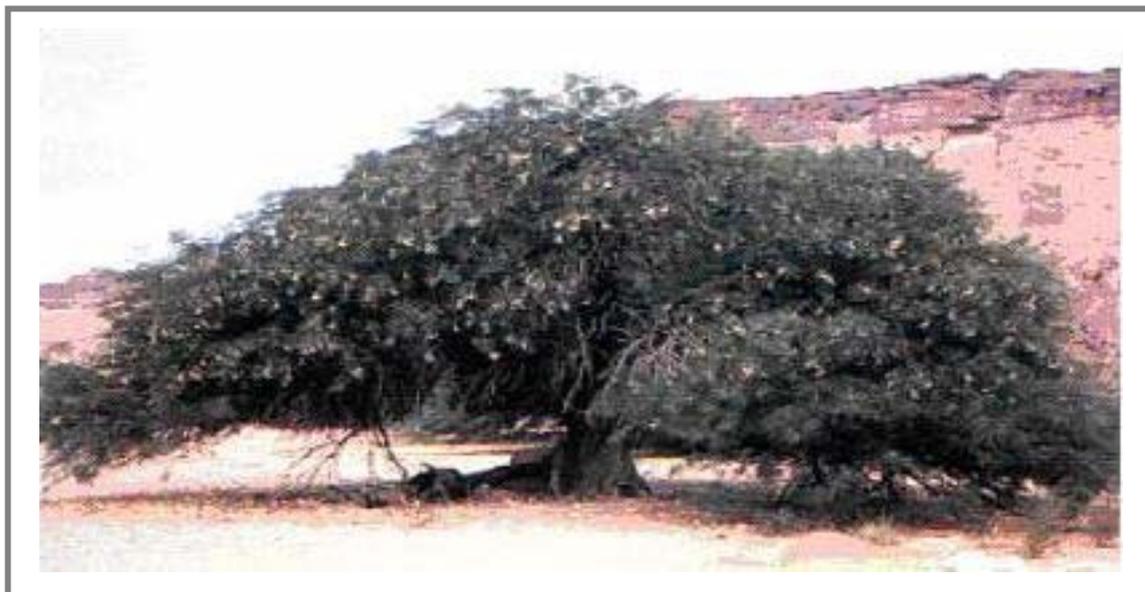


FIGURA 1 Árbol de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz).

En Chile, las plantaciones de *P. Chilensis* en el año 2001 correspondieron a 95,17 hectáreas, entre las regiones II y IV, sujetas al plan de manejo especial de bosque nativo realizadas por CONAF a fin de permitir una recuperación de suelos y conservar la especie (CHILE, CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2001), sin embargo, éstas han aumentado a 4.568 hectáreas hasta diciembre del año 2004 (CHILE, INSTITUTO FORESTAL DE CHILE (INFOR), 2004).

En relación a la producción de frutos, un árbol adulto puede producir hasta 100 kg de vainas, sin embargo, ésta no es regular ya que la afectan factores tales como cantidad de radiación solar, edad y lugar donde se encuentra el árbol, por lo que la producción promedio se estima en 30 a 40 kg de vainas por año, donde su período de producción comprende desde de diciembre a marzo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

(FAO), 1997). Por otra parte, SERRA (1997) señala que se han observado árboles con frutos en plena maduración en el mes de mayo, donde la cantidad de frutos oscila entre 10 kg hasta 150 kg a 200 kg por árbol.

2.2 Identificación de la especie

Según FAO (1997) y MONTENEGRO (1984)

- **Nombre científico.** *Prosopis chilensis* Mol. Stuntz.
- **Nombre común.** “Algarrobo” (Chile, Argentina, Perú), “algarrobo blanco” (Perú), algarrobo de Chile, árbol blanco (Argentina, Chile, Perú).
- **Nombre anterior.** *Ceratonia chilensis* Molina.
- **Varietades.** *Prosopis chilensis* Molina Stuntz var. *Chilensis*, *Prosopis chilensis* Molina Stuntz var. *Riojana*, *Prosopis chilensis* Molina Stuntz var. *Catamarca*.
- **Familia.** Mimosaceae (Leguminosae).

2.3 Morfoanatomía del fruto

FAO (1985), explica que las especies chilenas de *Prosopis* se pueden identificar por medio de sus frutos y semillas. Los frutos se caracterizan por ser largos y rectos, con pocas espirales, solitarias y con segmentos de endocarpios longitudinales, grandes y duros.

De acuerdo a lo anterior, FAO (1985) y FAO (2002) identificaron al fruto de *P. chilensis*, como una legumbre coriácea, pulposa, de color amarillo-paja a café-rojizo, de 8 a 18 cm de largo por 0,8 a 1,3 cm de ancho y 0,5 a 0,7 cm de grosor.

En la FIGURA 2 se presentan las flores de *P. chilensis*, agrupadas en inflorescencia y vainas o frutos.

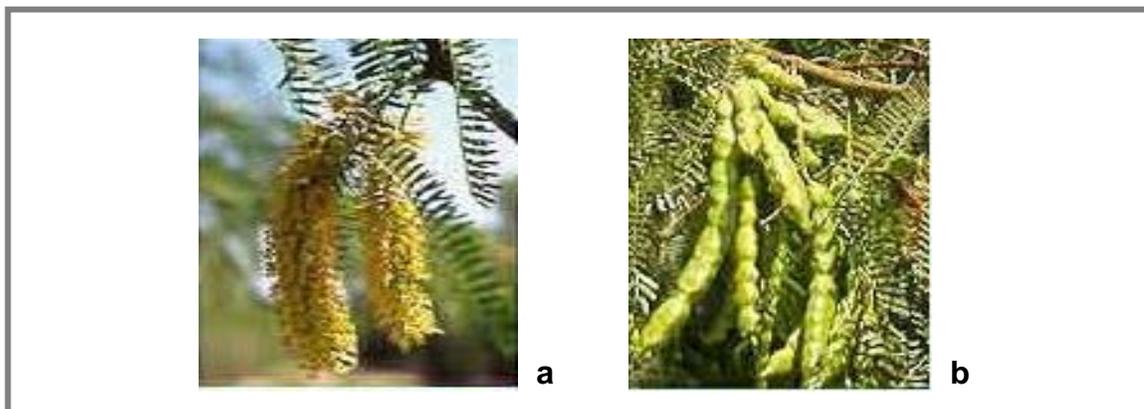


FIGURA 2 Flores de *P. chilensis* agrupadas en inflorescencia (a) y vainas o frutos (b).

A su vez, FAO (2002) señala que el fruto o vaina de *P. chilensis* se compone de tres partes, correspondiendo éstos a mesocarpio o pulpa, endocarpio y semilla, los cuales se presentan en la FIGURA 3.

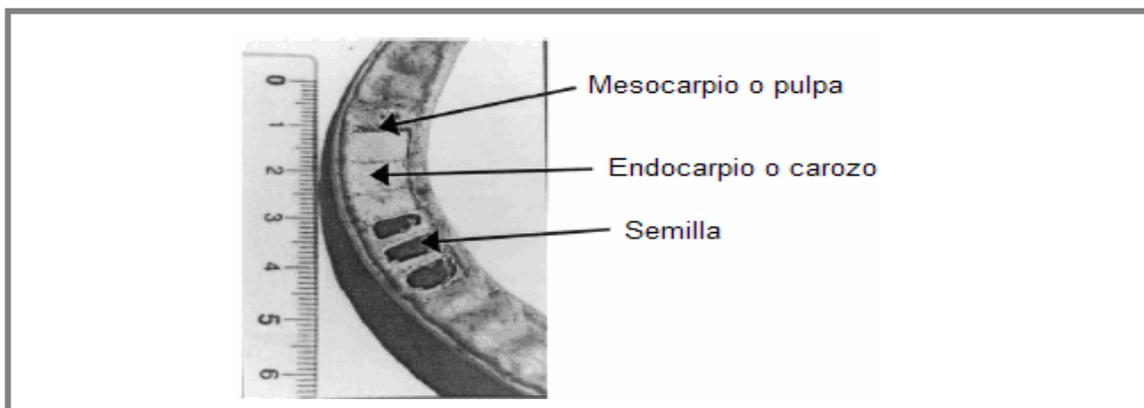


FIGURA 3 Morfoanatomía del fruto o vaina de *P. chilensis*.

FUENTE: FELKER (2002).

Por último, de acuerdo a HURTADO *et al.* (2002), el fruto de *P. chilensis* corresponde a una legumbre que a diferencia de otras, no se abre al secarse, de manera que no se pierde ni la pulpa ni las semillas.

2.4 Morfoanatomía de la semilla

Las semillas se forman en las plantas con flores (angiospermas), dentro de una estructura llamada fruto (ver FIGURA 2).

La semilla angiospérmica consta de un tegumento (cubierta o envoltura de la semilla), hilo (punto de unión de la semilla y el ovario), cotiledón o cotiledones (en donde se almacena la reserva alimenticia, llamado también endospermo), plúmula y radícula. Sobre la base de la diferencia de la cantidad de cotiledones, las angiospermas se dividen en monocotiledóneas, que solo tienen un cotiledón en su embrión y dicotiledóneas, que tienen embriones con dos cotiledones (SITTE *et al.*, 1994). En la FIGURA 4 se observa la forma anatómica de las semillas de leguminosas.

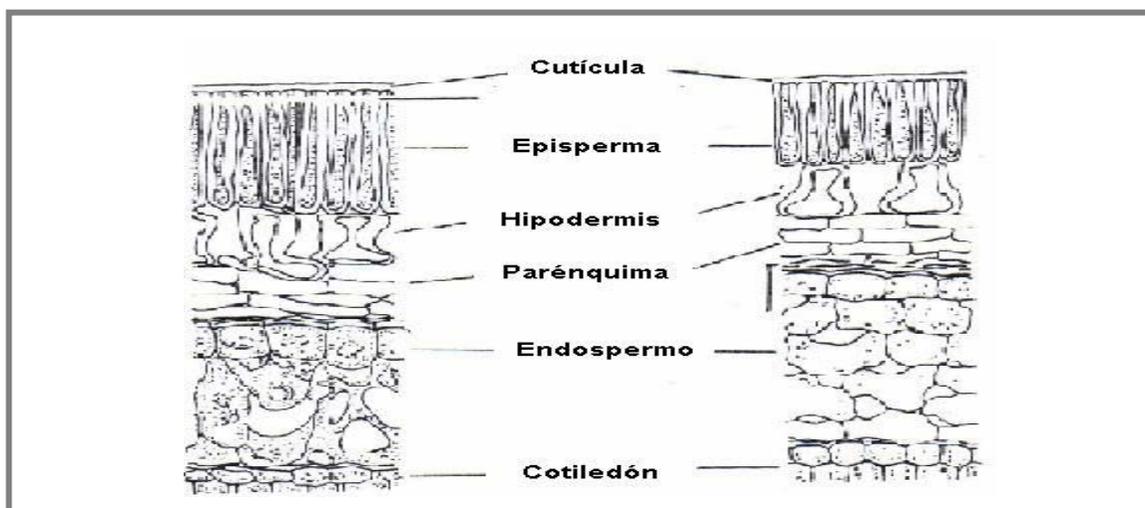


FIGURA 4 Morfoanatomía de la semilla de leguminosas.

FUENTE: POLHILL y RAVEN (1981).

De acuerdo a SITTE *et al.* (1994), la especie *Prosopis* se encuentra dentro de la división de las dicotiledóneas, de la división dialipétalas, subclase Rosanae (Rosanas), superorden Fabanae (Fabanas=Leguminosas).

Por otra parte, FAO (1985) clasifica a la semilla de *P. chilensis*, de tamaño más grande que otras variedades de la especie *Prosopis*.

De acuerdo a ESCOBAR (1987), las semillas de *P. chilensis* están embebidas en un endocarpio duro y representan alrededor del 9% del peso de la vaina; son de color café amarillento a castaño rojizo, más o menos brillantes, lisas ovoides o romboides, más o menos comprimidas y asimétricas, de 5,4 a 7,8 mm de largo por 2,9 a 5,1 mm de ancho y 1,7 a 2,6 mm de grosor.

CRUZ (1998) y HURTADO *et al.* (2002), caracterizan morfológicamente a la semilla, pudiendo esta ser dividida en tres partes, epispermo o testa (representando un 13,0% a 19,4% del peso de la semilla), endospermo o mucílago (28% a 30,9% del peso de la semilla) y cotiledón (38,8% a 43,0% del peso de la semilla), los cuales de acuerdo a su composición química pueden tener una aplicación industrial específica tanto en alimentación humana como animal.

2.5 Composición nutricional del fruto, semilla y cotiledón de *P. chilensis*

Dentro de los frutos de las leguminosas arbóreas, el fruto de *P. chilensis*, se puede decir que ha sido ampliamente utilizado como alimento por el hombre primitivo de las zonas áridas y semiáridas del continente americano.

BURKART (1976) y FAO (1997), señalan que los frutos o vainas de *P. chilensis* contienen entre un 25 a 28% de glucosa, 11 a 17% de almidón, 7 a 11% de proteínas, hierro, calcio, bajo tenor graso y buena digestibilidad, características que las hacen muy utilizable tanto en la alimentación humana como animal.

Al interior de las vainas se encuentran las semillas, alojadas en una pulpa densa y dulce de color amarillo. Del fraccionamiento de la semilla, se obtiene un mucílago o goma, el cual corresponde a un galactomanano que contiene manosa (60-80%) y galactosa (40-20%); el polisacárido corresponde a un 80-82 % del mucílago, además contiene proteína (2-5%), fibra bruta (1-2%), cenizas

(0,5-0,8%) y humedad (10-12%). Los galactomananos tienen uso industrial, estos son solubles en agua y forman soluciones cinco veces más viscosas que la del almidón debido a su estructura ramificada (PASIECZNIK *et al.*, 2001).

Por otra parte, de este fraccionamiento se obtienen los cotiledones. Éstos se caracterizan por tener un alto contenido de proteína, sobre el 61%, lo que los hace un potencial suplemento en la elaboración de productos alimenticios (ESTÉVEZ *et al.*, 2000). A continuación se presenta la composición química presente en las semillas y cotiledones de *P. chilensis*.

CUADRO 1 Composición química *Prosopis chilensis*, presente en la semilla y cotiledones (g/100g peso seco).

Componente (g/100g peso seco)	Semilla (**)	Cotiledones (***)
Proteínas (Nx6,25)	33,9	63,7
Lípidos	5,6	11,4
Fibra cruda	6,5	2,9
E.N.N*.	51,0	7,8
Cenizas	3,0	4,2

(*) Extracto no nitrogenado (determinación por diferencia)

FUENTE: VÁSQUEZ *et al.* (1991) (**), ESCOBAR *et al.* (1987) (***)

2.5.1 Proteínas. Los cereales y las leguminosas son fuentes ricas de proteínas, que en el tracto gastrointestinal liberan aminoácidos, los cuales son resintetizados por el organismo animal para formar nuevas proteínas requeridas para el crecimiento, mantenimiento y reparación de las células del cuerpo (BERNAL, 1993). Sin embargo, no toda la proteína dietaria es idéntica en su valor nutritivo, dependiendo éste de su digestibilidad y patrón aminoacídico (LOVELL, 1998).

Por otra parte VIJAYAKUMARI *et al.* (1997), señalan que las semillas de leguminosas son la mayor fuente de proteína de los seres humanos, las cuales

en promedio contienen el doble más de proteína que los cereales. Igualmente destacan el notable contenido de los aminoácidos metionina y cisteína presentes en *P. chilensis*, los cuales están dentro de los rangos más altos encontrados para leguminosas, a pesar de ser bajos, ya que normalmente las leguminosas son deficitarias en estos aminoácidos azufrados.

El CUADRO 2 muestra la composición proteica y fracciones proteicas de la semilla de *P. chilensis*.

CUADRO 2 Proteínas y fracciones proteicas de la semilla de *P. chilensis* (g/100g peso seco).

Nombre de la fracción	Harina de semilla (g/100g)
Proteína total	23,28 ± 0,05
Albúminas	7,70 ± 0,07
Globulinas	6,40 ± 0,04
Prolaminas	0,56 ± 0,03
Gluteninas	8,62 ± 0,08

FUENTE: RAJARAM y JANARDHANAN (1991).

De acuerdo a RAJARAM y JANARDHANAN (1991), la proteína de *P. chilensis* tiene menor proporción de globulinas que la proteína de otras leguminosas como soya o frijón, lo que facilitaría la desnaturalización de éstas al someterlas a un tratamiento térmico.

NWOKOLO (1996) y ESTÉVEZ *et al.* (2000), caracterizan la proteína de leguminosas insuficiente en aminoácidos azufrados y en algunos casos en triptófano. Específicamente la proteína de *P. chilensis* se caracteriza por ser deficiente en metionina, cistina, isoleucina y treonina, lo que se podría compensar con la utilización conjunta de ésta con otras semillas, para poder así utilizarla como materia prima en la industria de alimentos (ESTÉVEZ *et al.*, 2000).

En cuanto a la composición aminoacídica de diferentes especies de *Prosopis*, VIJAYAKUMARI *et al.* (1997), RODRÍGUEZ y CARDEMIL (1994), VÁZQUEZ *et al.* (1991) y RAJARAM y JANARDHANAN (1991), señalan que las proteínas de las especies de *P. velutina*, *P. juliflora*, *P. pubescens*, al igual que *P. chilensis*, son deficientes en aminoácidos azufrados.

En un estudio realizado por DEGUSSA (2003), a partir de harina de cotiledón de *P. chilensis*, se obtuvo que el contenido de proteína cruda presente en éstos fue de 64,11%, lo cual permitió pensar en ésta como una nueva alternativa en la formulación de alimentos tanto para humanos como animales. Los resultados de este estudio, se presentan en el CUADRO 3.

Por otra parte, VÁSQUEZ *et al.*, (1991) estudiaron la calidad biológica de la proteína de los cotiledones de *P. chilensis*, al ser sometidos a un tratamiento térmico a través de la determinación de la razón proteica neta (NPR) en ratas. En la experiencia se demostró que las ratas alimentadas con cotiledones crudos mostraron una pérdida de peso, por el contrario, las ratas alimentadas con cotiledones sometidos a un tratamiento térmico tuvieron ganancia de peso. Esto confirma que el tratamiento térmico reduce el contenido de compuestos antinutricionales y mejora la calidad biológica de la proteína.

VÁSQUEZ *et al.* (1991), realizaron un estudio sobre la calidad biológica de la proteína presente en los cotiledones de *P. chilensis*. Éstos sometieron las semillas a dos tipos de tratamientos térmicos, con calor seco (microondas) y con calor húmedo (presión), demostrándose que la calidad de la proteína se ve mejorada gracias a un tratamiento térmico.

En el CUADRO 4, se observan los resultados de esta investigación. En éste se observa que la calidad biológica de la proteína de *P. chilensis* aumenta gracias a un tratamiento térmico, siendo el tratamiento con presión el que obtuvo los mejores resultados (73,7% de proteína).

CUADRO 3 Composición aminoacídica del cotiledón de *P. chilensis*.

Aminoácidos (AA)	AA (%) (*)	AA (%) (**)
Metionina	0,96	0,70
Cistina	1,39	1,01
Metionina + cistina	2,35	1,72
Lisina	3,78	2,76
Treonina	2,20	1,61
Arginina	13,74	10,01
Isoleucina	3,18	2,32
Leucina	7,12	5,18
Valina	3,84	2,80
Histidina	2,78	2,03
Fenilalanina	3,92	2,86
Glicina	4,06	2,95
Serina	3,76	2,74
Prolina	5,49	4,00
Alanina	4,05	2,95
Ácido aspártico	7,63	5,56
Ácido Glutámico	19,60	14,28

Proteína cruda (*), 88% Materia Seca(**).

FUENTE: DEGUSSA (2003).

Por otra parte, de acuerdo a VIJAKUMARI *et al.* (1997) y DEL VALLE *et al.* (1983), el tratamiento térmico disminuiría el contenido de lectinas y factores antitripticos, asegurando un muy bajo nivel de riesgo toxicológico.

2.5.2 Lípidos. Los lípidos en general cumplen una serie de roles en nuestra dieta, además de ser la principal fuente de energía, son constituyentes normales de la estructura celular, donde las principales fuentes corresponden a tejidos animales y semillas de oleaginosas (BADUI, 1999).

CUADRO 4 Composición química de los cotiledones de *P. chilensis* tratados por calor seco (microondas) y calor húmedo (presión).

Composición	Cotiledones microonda (%)	Cotiledones presión (%)
Proteínas (N x 6,25)	64,2	73,7
Lípidos	6,0	11,4
Fibra cruda	4,3	2,9
Extracto no nitrogenado*	20,6	7,8
Cenizas	4,8	4,2

(*) Por diferencia

FUENTE: VÁZQUEZ *et al.* (1991).

En general, las legumbres en su estado de madurez presentan la mayor cantidad de lípidos, los cuales son almacenados en los cuerpos grasos. La mayoría de las legumbres contienen altas cantidades de ácidos grasos esenciales más importantes, requeridos para el crecimiento, funcionamiento fisiológico y mantenimiento tanto de seres humanos como animales (SALUNKHE *et al.*, 1985).

La semilla de *P. chilensis*, tiene un bajo contenido de grasas, sin embargo, éstas son de gran importancia, ya que presentan gran cantidad de ácidos grasos monoinsaturado (oleico) y poliinsaturados (linoleico, linolénico y araquidónico), los que son esenciales para los seres humanos, así como para los animales, ya que éstos no tienen la capacidad de sintetizarlos a partir de otros alimentos, por lo tanto son imprescindibles para la salud y forman parte de las grasas necesarias para el organismo (NEUMARK, 1970 y NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 1993).

2.5.3 Digestibilidad. La fibra dietética está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que se

destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas; también se incluyen en estos, las gomas, los mucílagos y la lignina, aún cuando esta última no es un hidrato de carbono, sino mas bien una cadena de compuestos fenólicos.

Es necesario hacer una distinción entre la fibra cruda y la fibra dietética. La primera es la que se presenta generalmente en las tablas de composición de alimentos como valor proximal de contenido de fibra y que se determina analíticamente sometiendo los productos a un tratamiento en caliente con ácido clorhídrico y posteriormente con hidróxido de sodio; en estas condiciones se pierde una importante fracción de polisacáridos que sí se incluyen en la fibra dietética, la cual representa el contenido total de los polímeros antes indicados (BADUI, 1999).

Dentro de los alimentos que contienen fibra dietética se encuentran las frutas y verduras en las cuales predominan las pectinas (35% de la fibra dietética) y la celulosa (35%); y las semillas no refinadas de los cereales, leguminosas y oleaginosas en las cuales predomina la hemicelulosa (80%) (HART y FISHER, 1984; BADUI, 1999). Cabe señalar que en la actualidad se agregan algunas fibras dietéticas como aditivos en alimentos procesados industrialmente.

Según NWOKOLO (1996), la digestibilidad en el estado crudo de las leguminosas, es inferior a la de la proteína animal, debido en parte a la estructura terciaria de la molécula que dificulta la proteólisis enzimática y en parte a la presencia de inhibidores de proteasas y compuestos fenólicos que disminuyen su disponibilidad biológica.

De acuerdo a VIJAYAKUMARI *et al.* (1997), los valores de digestibilidad de la proteína cruda de *P. chilensis*, varía al someter las semillas a diferentes tratamientos térmicos. En el CUADRO 5 se observan los resultados obtenidos por éste, observando que de los métodos analizados, el autoclavado fue el que obtuvo los mayores valores de digestibilidad de la proteína.

CUADRO 5 Digestibilidad de la proteína in vitro en semillas de *P. chilensis* cruda y procesada.

Tratamiento	Digestibilidad proteína (%)
Cruda	67,9 ^a
Remojo agua destilada (12horas)	70,2 ^b
Remojo NaHCO ₃ (12horas)	74,7 ^c
Cocción ebullición (120 min)	76,9 ^d
Autoclave (45 min)	79,2 ^e

(*) Letras distintas, presentan diferencia significativa ($p > 0,05$).

FUENTE: VIJAYAKUMARI *et al.* (1997).

2.5.4 Minerales. Las semillas de *P. chilensis* contienen sales minerales, entre las cuales se encuentra el calcio, hierro, magnesio y fósforo (RAJARAM y JANARDHANAN, 1991). De acuerdo a RAJARAM y JANARDHANAN (1991), los minerales que se encuentran en mayor proporción en las semillas de *P. chilensis* son calcio, magnesio y potasio, lo cual se especifica en el CUADRO 6.

CUADRO 6 Contenido de minerales de semilla de *P. chilensis*.

Mineral	<i>Prosopis chilensis</i> (mg/100g)
Calcio	582,70
Magnesio	509,89
Sodio	29,90
Potasio	2.749,2
Cobre (ppm)	5,21
Zinc (ppm)	1,23
Manganeso (ppm)	5,21
Hierro (ppm)	28,81

FUENTE: RAJARAM y JANARDHANAN (1991).

Por otra parte, en un estudio realizado por Watt y Merrill citado por BECKER y GROSJEAN (1980), se reportaron altos contenidos de hierro en las especies de

P. glandulosa y *P. vetulina*, encontrándose un valor similar al contenido de hierro en soya (84 ppm); planta de leguminosa que se destaca por su alto contenido de proteínas y por su calidad nutritiva (ZANOTTI, 2001).

2.6 Factores antinutricionales (FA)

Los llamados FA son sustancias presentes en las semillas de leguminosas que en determinadas proporciones pueden afectar negativamente el valor nutritivo de los alimentos. Estos no se encuentran en todas ellas y las concentraciones varían de acuerdo al tipo de especie vegetal.

VIJAYAKUMARI *et al.* (1997), señalan que las leguminosas, ricas en proteínas, son afectadas por la presencia de factores antinutricionales como los polifenoles. Estos se conocen por disminuir la digestibilidad de la proteína, ligado con enzimas digestivas como tripsina y quimiotripsina o por la unión directa de la proteína dietaria. Por otra parte menciona que el ácido fítico disminuye la biodisponibilidad de los minerales e inhibe proteasas y amilasas, asimismo que no son muchos los procesos que se conocen para poder reducir o eliminar estos factores antinutricionales en las semillas de leguminosas.

En un estudio realizado por VIJAYAKUMARI *et al.* (1997), se demostró que la semilla de *P. chilensis*, ante tratamientos térmicos como ebullición en agua y autoclave, logra una reducción efectiva en las concentraciones de ácido fítico y oligosacáridos, excepto para componentes fenólicos libres.

Por otra parte, ESCOBAR *et al.* (1987) reportó valores bajos en relación al contenido de taninos (0,07%), al igual que en polifenoles, mencionando que estos se encuentran en muy bajas concentraciones.

El CUADRO 7 presenta el contenido de factores antinutricionales presentes en harina de semillas de *P. chilensis*, según lo informado por VIJAYAKUMARI *et al.* (1997).

CUADRO 7 Contenido de factores antinutricionales.

Antinutrientes	Contenido en harina de semillas
Componentes fenólicos libres	0,84(g/100g)
Ácido fítico	513 (mg/100g)
Oligosacáridos	2,55 (mg/100g)
Rafinosa	1,45(mg/100g)
Estaquiosa	1,10(mg/100g)
Verbascosa	Trazas

FUENTE: VIJAYAKUMARI *et al.* (1997).

2.7 Obtención de la semilla y cotiledón de *P. chilensis*

La mayor dificultad en el uso del fruto de *P. chilensis* reside en la separación de la semilla. Por ser un fruto seco, con endocarpio coriáceo, es necesario someter las vainas a algún tipo de tratamiento, de manera de retirar la semilla de su envoltorio (vaina). Los procesos comúnmente utilizados son el calentamiento de las vainas o su corte con cuchillo en sentido longitudinal y transversal. Ambos procesos presentan inconvenientes y baja eficiencia. De este modo un proceso de separación de la semilla más simple de bajo costo y fácil manejo permitiría una mayor distribución de esta especie (DE LYRA, 1982).

FIGUEIREDO (1990), realizó un estudio en relación a la separación de la semilla de *Prosopis glandulosa*. Éstas fueron sometidas a una molienda en un molino de discos, calibrando éste de manera tal, que las semillas no fueran dañadas, obteniendo así dos fracciones: la semilla y el pericarpio de la vaina.

De acuerdo a CRUZ (1998), la tecnología para la separación de las fracciones de semilla es muy rudimentaria, prácticamente inexistente, por lo tanto, la forma de separación debe ser diseñada para realizar un proceso mecanizado en seco.

Tradicionalmente esta operación se ha realizado en forma artesanal mediante molienda en molino de piedra de la totalidad de las vainas, dificultando la separación de las fracciones constituyentes, lo que va en desmedro de la

calidad nutritiva que se puede alcanzar cuando las fracciones son consideradas en forma separada.

ESCOBAR (1987), planteó un método de separación de las partes de la semilla de *P. chilensis*, el cual consistió en tratar estas con NaOH al 0,5% a 75°C durante 4 a 10 minutos, mediante agitación; posteriormente las semillas fueron lavadas con agua potable para eliminar el álcali y fueron remojadas durante 24 a 48 hrs. cambiando el agua periódicamente, y por último el agua sobrenadante se eliminó y se separó manualmente testa, mucílago y cotiledón.

2.8 Usos potenciales de la harina de *P. chilensis* y beneficios de la utilización de éstas en la alimentación humana y animal

Según FAO (1997), los frutos de *P. chilensis* tienen alrededor de 25 - 28% de glucosa, 11 - 17% de almidón, 7 - 11% de proteína, hierro, calcio, bajo tenor graso y buena digestibilidad, características que la hacen muy utilizable tanto en la alimentación humana como animal, cuando se muelen en forma integral.

Según ESTÉVEZ *et al.* (2000), las harinas de *P. chilensis* son un buen aporte nutricional por sus cantidades de proteínas, calcio y hierro. Sin embargo, se sabe que las leguminosas presentan una proteína deficiente en aminoácidos como metionina, cistina, isoleucina y treonina, lo que se podría compensar con la utilización conjunta con otras semillas como los cereales, logrando conseguir un aporte en aminoácidos más equilibrado.

2.8.1 Utilización de harina de *P. chilensis* en alimentación humana. Las necesidades nutritivas para los seres humanos son conocidas y varían con la edad y las condiciones fisiológicas de los individuos. El déficit de proteínas es muy alto, es por esto que es necesario encontrar nuevas fuentes de proteínas y desarrollar métodos idóneos para su utilización tecnológica (FENNEMA, 2000).

Las semillas de leguminosas han sido tradicionalmente consumidas por el hombre y constituyen un importante complemento proteico. Estas son ricas en

almidón, aportan bastante más proteína que los cereales o tubérculos y la proporción y el tipo de aminoácidos es similar a los de la carne, no obstante presentan un déficit en aminoácidos azufrados. Sus cadenas de aminoácidos a menudo complementan a las del arroz, el maíz y el trigo, que constituyen los alimentos básicos de muchos países (FENNEMA, 2000).

De la semilla de *P. chilensis*, es posible obtener una harina de cotiledón, que como fuente alimenticia, por su alto contenido proteico (sobre 61%), composición aminoacídica adecuada, bajo contenido en fibra y buena calidad de ácidos grasos (mono y poliinsaturados), sería una buena alternativa como fuente proteica para la industria alimentaria como materia prima en la formulación de nuevos alimentos, de acuerdo a lo señalado por VÁZQUEZ *et al.* 1991.

En relación a la utilización de harina de *P. chilensis* en alimentos, ESTÉVEZ *et al.* (2000), indicaron que por el alto contenido de proteína presente en los cotiledones de algarrobo, los hace un potencial suplemento en la elaboración de alimentos tales como barras de cereales y galletas dulces.

Por otro lado, CRUZ *et al.* (1998) señalan que sucedáneos de café y harinas serían otros ejemplos de productos alimenticios, los cuales se podrían producir a base de esta harina rica en proteína.

En el CUADRO 8 se presenta una comparación entre fuentes proteicas utilizadas actualmente en alimentación humana en relación a *P. chilensis*.

CUADRO 8 Composición proximal de algunas especies vegetales utilizadas en alimentación humana como complemento proteico.

Composición	Haba*	Lenteja (grano)*	Arveja (grano)*	Poroto*	Garbanzo (grano)*	<i>Prosopis chilensis</i> **
Materia Seca (%)	82,7	84,7	85,1	81,2	82,9	4,3
Ceniza (%)	3,3	2,8	3,3	5,6	3,2	6,0
Proteína cruda (%)	23,7	25,4	22,9	21,8	18,5	64,2
Extracto etéreo (%)	1,0	0,9	1,4	1,4	5,7	20,6
Fibra cruda (%)	8,9	4,4	6,2	4,7	3,4	4,8

FUENTE: ANRIQUE *et al.* (1995) (*); VÁZQUEZ *et al.* (1991) (**).

Actualmente, el uso de cotiledón de *P. chilensis* en alimentación humana es poco conocido, aunque las semillas del género *Prosopis* fueron utilizadas ampliamente como fuente alimenticia en Chile, Perú, Argentina y México.

2.8.2 Utilización de harina de *P. chilensis* en alimentación para animales.

El alimento para peces es un claro ejemplo en donde se podría utilizar la harina de *P. chilensis* ya que en los últimos años ha existido un gran interés por buscar fuentes de proteínas alternativas a la harina de pescado ya sea por su costo como por la disminución de la productividad de ésta, que se puede ver afectada por la escasez de materia prima (LOBOS, 2001).

Bajo este concepto, el uso de proteínas de origen vegetal ha concitado durante los últimos años la atención de muchos investigadores que ven en ella un gran potencial para ser utilizadas en el reemplazo parcial de la harina de pescado en la alimentación de peces de cultivo (DE LA HIGUERA *et al.*, 1988; HUGHES, 1998; SMITH *et al.*, 1989; AKIMAYA, 1991; GOMEZ *et al.*, 1993; KAUSHIK *et al.*, 1995; HARDY, 1996; BUREL *et al.*, 1998; BUREL *et al.*, 2000).

Las principales características que debe cumplir una fuente proteica alternativa para ser utilizada como sustituto de la harina de pescado en la alimentación para peces es poseer al menos 350g de proteína por kg⁻¹ (HARDY, 1996),

poseer una alta digestibilidad y un balance aminoacídico compatible con los requerimientos del pez (HIGGS *et al.*, 1982), de lo anterior *P. chilensis* estaría cumpliendo con las exigencias.

Según CARTER y HAULER (2000), actualmente los alimentos de origen vegetal son una alternativa disponible en la formulación de alimentos para peces, pero por la calidad y composición de su proteína son utilizables sólo como ingrediente de sustitución parcial en la formulación de estas dietas. Sin embargo, ZALDIVAR (2003), señala que este problema se puede ver mejorado al mezclar insumos en diferentes proporciones, asegurando así un buen porcentaje de proteínas, un adecuado perfil aminoacídico, buena digestibilidad, sabor y una cantidad de grasas ideal para que el pez crezca en buen estado.

En el CUADRO 9 se presentan las principales fuentes vegetales utilizadas como sustitutos proteicos en la formulación de alimento para peces.

De acuerdo a UGARTE (1994) y FUENTES (1998), en relación a la utilización de *P. chilensis*, como recurso alimenticio en la actualidad, es todavía limitada, debido probablemente a las dificultades tecnológicas que presenta la separación de las diferentes partes de la semilla y señalan que la mayoría de las investigaciones están relacionadas a la alimentación humana, sin embargo es muy interesante por su alto contenido de proteínas (sobre el 63%) que en comparación con los valores presentados en el CUADRO 9, el contenido de proteína es mucho mayor en *P. chilensis*.

Por último en relación a la harina de algarrobo FIGUEROLA (2004), menciona que sería una buena alternativa de sustitución en alimentación para peces, ya que su composición nutricional la hace comparativamente más atractiva que las otras fuentes vegetales.

CUADRO 9 Composición proximal de algunas especies vegetales utilizadas en la sustitución en alimento para peces.

	Soya	Gluten de trigo	<i>Lupinus albus</i>
Materia Seca (%)	92	88,5	89,2
Ceniza (%)	5,1	3,4	3,6
Proteína cruda (%)	34,6	17,6	37,0
Extracto etéreo (%)	19,4	-	8,8
Fibra cruda (%)	3,4	6,4	12,4

FUENTE: ANRIQUE *et al.* (1995).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Materiales

Los análisis del presente estudio, fueron realizados en los laboratorios del Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL), Instituto de Producción Animal y Fundo Santa Rosa, dependencias de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile y en el Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas perteneciente a la Universidad de Chile.

3.1.1 Materia prima. Se utilizaron vainas (frutos maduros) y semillas de algarrobo (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz), provenientes de la Zona Central y de la IV Región de Chile, las cuales fueron recepcionados en los laboratorios del Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL).

3.1.2 Equipos y materiales. Se utilizaron los siguientes equipos y materiales, todos ellos proporcionados por el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos: molinos, tamices, balanzas, pipetas, matraces, vasos precipitados, equipo Soxhlet, estufas de secado, entre otros.

3.1.3 Reactivos. Los reactivos requeridos en este estudio fueron: Ácido Sulfúrico (72% p/v), Hidróxido de Sodio (0,5%p/v y 40% p/v)), alcohol etílico absoluto (PM. 46,07), tabletas Kjeldahl (libres de mercurio y selenio), peróxido de hidrógeno, ácido bórico (4%p/v), éter de petróleo (35° a 60°C), acetona, reactivo de fenol de Folin Ciocalteu, ácido gálico, carbonato de sodio (20%), entre otros.

3.2 Metodología de obtención de semillas, cotiledones y harina de *P. chilensis*

A continuación se describe el método de obtención de las semillas y los diferentes componentes de ésta.

3.2.1 Obtención de la semilla. Para la separación de las semillas de algarrobo se desarrolló un proceso físico, el cual consistió en moler las vainas secas por medio de un molino de muela o discos rotatorios, proceso que se asemeja al citado por FIGUEIREDO (1990), permitiendo separar la semilla del endocarpio adherido, obteniendo así el mayor rendimiento posible en semillas limpias. El producto del proceso de molienda arrojó una mezcla compuesta por harina de vaina, cuyo componente principal fue el exo y el mesocarpio de la vaina (pulpa), además de endocarpio fraccionado y una pequeña cantidad de semilla partida.

Para optimizar el proceso de separación, se utilizaron diferentes tamices, con el objeto de separar las diferentes fracciones. Por último se realizó una separación por aire de las semillas.

A continuación se detalla la metodología de trabajo seguida al igual que en la FIGURA 5.

- **Secado de las vainas.** Las vainas fueron secadas en una estufa a 60°C por un período de 3 horas, con el fin de eliminar la humedad existente en ellas.
- **Molienda de las vainas.** Las vainas secas alimentaron un molino de muela o discos rotatorios, obteniéndose de esta operación, una mezcla de vaina molida (pulpa), endocarpio fraccionado y semilla entera y partida.
- **Primer tamizado.** La mezcla obtenida se separó utilizando un tamiz de 1 mm, logrando separar las distintas fracciones, fina (harina de vaina), media (endocarpio fraccionado y semilla partida) y gruesa (endocarpio y semilla).
- **Segundo tamizado y separación por aire.** Este se realizó para mejorar la separación de las partes. Para esto se utilizó un tamiz de 0,5 mm.

Posteriormente se sometió a una separación por aire, pudiendo obtener así el máximo de rendimiento en semilla.

- **Cálculo de rendimiento.** De este proceso se obtuvieron tres subproductos: harina de vaina, endocarpio fraccionado y algo de semilla partida y por último las semillas. Cada una de estas fracciones fue pesada para así poder determinar el rendimiento de semilla a partir de la vaina de *P. chilensis*.

3.2.2 Obtención de los cotiledones. Este fue uno de los aspectos centrales de este estudio, ya que en la actualidad no son muchos los estudios sobre el pelado de la semilla, con la consecuente separación de los cotiledones.

Para esto las semillas se sometieron a tres diferentes tratamientos de pelado, con hidróxido de sodio (0.5%p/v), ácido sulfúrico (72%p/v) y agua caliente respectivamente, con la consecuente obtención de la testa (epispermo), el mucílago (endospermo) y el cotiledón (ver FIGURA 5).

Una vez realizados los tres tratamientos de pelado, las fracciones obtenidas se sometieron a los siguientes procesos:

- **Lavado con agua.** Este se realizó con agua potable con la finalidad de eliminar residuos de álcali y ácido presentes en las semillas. Este se realizó por un período corto (5 min).
- **Remojo de las semillas en agua.** Se realizó con el objetivo de ayudar a la hidratación de las semillas y su posterior separación. Las semillas se dejaron remojando por 24 hrs.
- **Separación de fracciones.** Se eliminó el agua sobrenadante y se separó manualmente el cotiledón de la testa y mucílago.
- **Secado de los cotiledones.** Por último los cotiledones fueron secados en estufa a 60°C por 16 hrs., con la finalidad de extraer la humedad existente en éstos. Se determinó el rendimiento de cotiledón.

3.2.3 Obtención de harina a partir del cotiledón. Una vez que se obtuvieron los cotiledones limpios y secos, se molieron finamente con un molino triturador con tamizaje incluido (marca Retch). Se utilizó un tamiz de diámetro 0,5 mm., obteniendo así harina como producto final.

Los experimentos realizados, estuvieron diseñados para establecer las mejores condiciones de obtención del cotiledón y mucílago de la semilla de algarrobo, logrando para estos los rendimientos de cada uno de ellos.

3.3 Análisis químico de las harinas

A continuación se describe la metodología de trabajo utilizada en el análisis químico, contenido de carotenos totales y fenoles totales realizados a las harinas.

3.3.1 Análisis proximal. Se da el nombre de análisis proximal, al conjunto de determinaciones que describen la composición nutritiva de una sustancia alimenticia. Este comprende determinaciones de humedad, extracto etéreo o grasa bruta, cenizas o material mineral, fibra bruta y extracto no nitrogenado. El término bruto aplicado a estas determinaciones se explica porque en éstas determinan grupos de sustancias que responden a ciertas características, pero no se identifican particularmente con cada una de ellas (BERNALL, 1998).

Una vez obtenidos las harinas a partir de los tres métodos de pelado, se les realizó un análisis proximal, el cual se describe a continuación.

3.3.1.1 Humedad. Se determinó por el método oficial de la ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (1995). La muestra fue secada en estufa a $60^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.

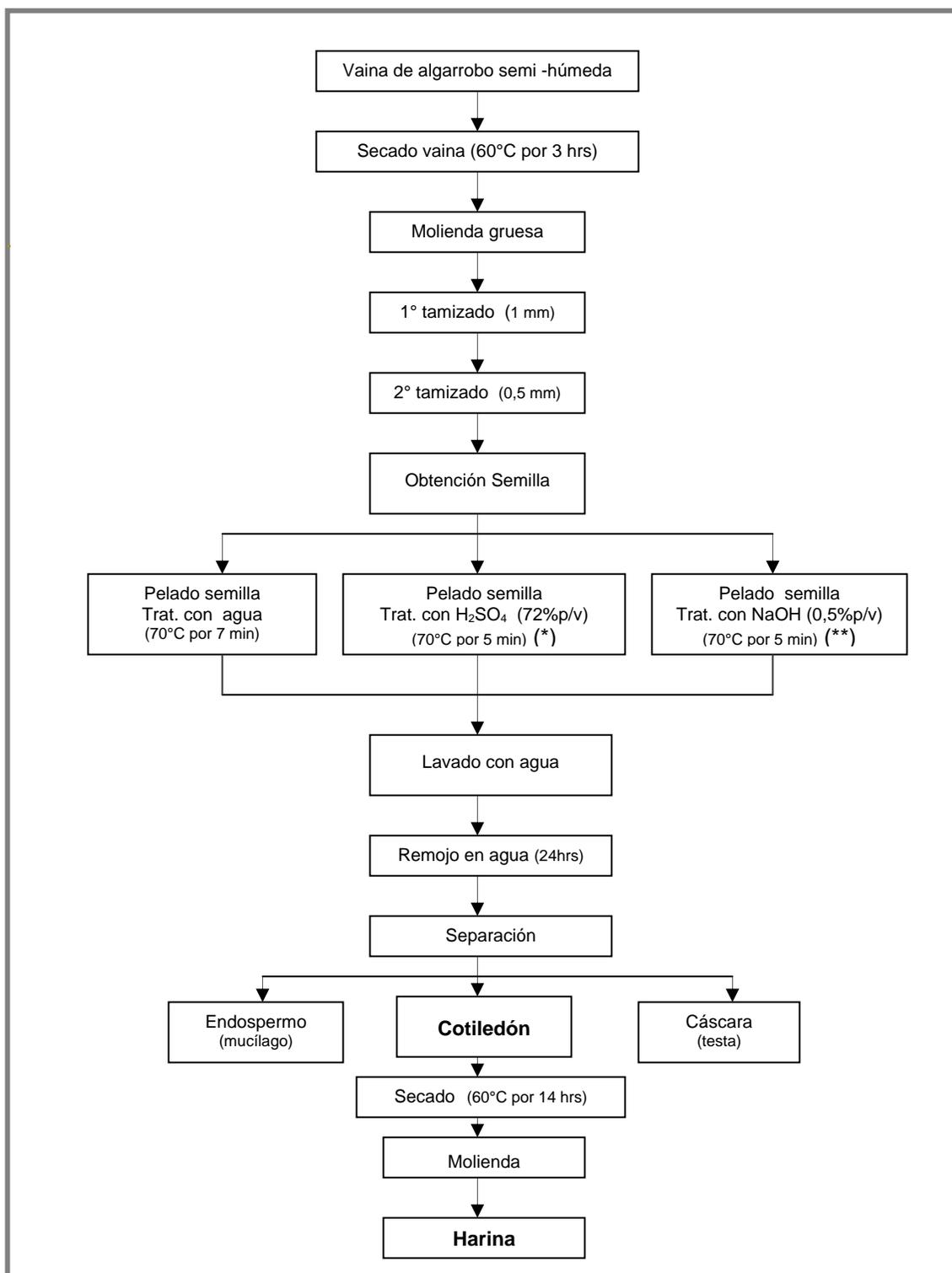


FIGURA 5 Diagrama de flujo para la elaboración de harina a partir de cotiledones de algarrobo.

FUENTE: ESTÉVEZ *et al.* (2004)(*); VÁSQUEZ *et al.* (1985)(**).

3.3.1.2 Proteínas. Se determinó según el método oficial AOAC (1995). Método Kjeldahl, en el cual la muestra se somete a una digestión con H_2SO_4 concentrado adicionando un catalizador.

3.3.1.3 Extracto etéreo. Se determinó por el método oficial AOAC (1995). Método Soxhlet, cuyo principio se basa en que la grasa cruda corresponde al residuo obtenido con éter de petróleo de una muestra seca homogenizada.

3.3.1.4 Fibra cruda. Se determinó mediante el método Weende. El contenido de fibra se obtuvo mediante una digestión ácida de las muestras desgrasadas con H_2SO_4 (0,255N), seguida de una digestión básica con NaOH (0,313N) en un sistema de digestión. A continuación el residuo obtenido se secó en una estufa a $105^{\circ}C$ hasta peso constante, fue pesado y calcinado a $550^{\circ}C$ durante 2 hrs en mufla para pesar al final el residuo restante.

3.3.1.5 Cenizas. Se determinó por el método oficial AOAC (1995). Cuyo principio se basa en que la ceniza corresponde al residuo inorgánico que deja una muestra al ser incinerada a $550^{\circ}C$ en mufla.

3.3.1.6 Extracto no nitrogenado (E.N.N). El porcentaje de extractivos no nitrogenados se calculó por diferencia, restando del 100 por ciento los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas y proteínas.

3.3.2 Determinación de fibra dietaria total (FDT). Este análisis se realizó sólo para tener un dato referencial acerca del contenido de fibra dietaria total presente en la harina de algarrobo, es por esto que se le analizaron sólo dos muestras, correspondientes a las harinas peladas con agua, provenientes de ambas zonas. Para esto se utilizó el método AOAC (1995), cuyo principio se basa en que el alimento seco y desgrasado (si es que contiene más de 10% de grasa), se trata con enzimas de tipo alfa amilasa, proteasa y amiloglucosidasa para retirar proteínas y almidón. La fibra dietaria soluble se precipita con etanol

y el residuo es filtrado, lavado con etanol y acetona, posteriormente se saca y se pesa.

Luego, en una muestra duplicada se determina el contenido de proteína y en otra el de cenizas (por calcinación a 525°C), debiéndose realizar un ensayo en blanco.

Por último el contenido de Fibra dietaria total se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fibra dietaria total} = \text{peso del residuo} - \text{peso (proteína + cenizas)}$$

3.3.3 Determinación de carotenos totales. A las diferentes harinas obtenidas por los tres tratamientos de pelado se les determinó el contenido de carotenos totales según el método descrito por BERNAL (1993).

Este consistió en un método espectrofotométrico, por el cual se extrajeron los carotenos de la materia vegetal, mediante la acción de un solvente, en este caso éter de petróleo-acetona (1:1), con el fin de purificar los carotenos.

La concentración de carotenos totales, se determinó espectrofotométricamente a 450nm. El valor arrojado por el espectrofotómetro, fue interpolado en la curva de absorción patrón, realizada a partir de diferentes concentraciones de β -caroteno comercial. De la multiplicación de este valor por el factor de dilución, se obtuvo el % de carotenos totales en la muestra, expresados como β -carotenos.

La concentración total de carotenos fue expresada como β -carotenos (en base seca), asumiendo que la mayor concentración de carotenos en la muestra correspondió a éstos.

La metodología de trabajo práctica realizada se esquematiza en la FIGURA 6.

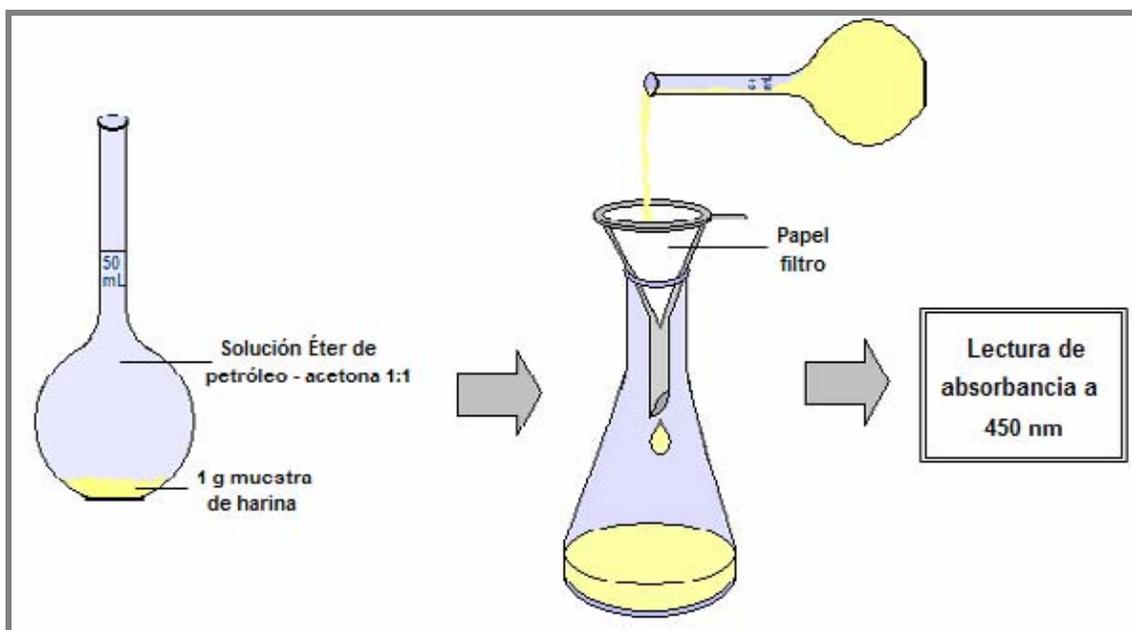


FIGURA 6 Esquema de trabajo utilizado en la determinación de carotenos.

3.3.4 Determinación de fenoles totales. A las diferentes harinas obtenidas por los tres tratamientos de pelado se les determinó el contenido de fenoles totales utilizando el Índice de Folin Ciocalteu (ORDEU y SCARPA, 1998; BIANCHI, 1994; BIANCHI, 1996), el cual se basa en la reacción de oxidación de los compuestos fenólicos y al desarrollo de coloración azul por acción del ácido fongsfotúngstico.

La metodología de preparación de la curva estándar consistió en tomar diferentes concentraciones de solución stock de ácido gálico (0, 1, 2, 3, 5, 10 ml), las cuales fueron aforados a 100ml con agua destilada, posteriormente se leyó absorbancia de las muestras a 750nm, obteniendo la concentración de fenol expresado como equivalentes de ácido gálico (mg/L).

El valor obtenido de la lectura de absorbancia (750nm) de la muestra, se reemplazó en la curva de calibración dando como resultado la concentración de fenol expresado como equivalentes de ácido gálico (mg/L). Posteriormente este resultado se llevó a porcentaje, expresando así los resultados como % de fenoles en base seca (g/100 g muestra).

La FIGURA 7 muestra la metodología de trabajo utilizada en la determinación de fenoles.

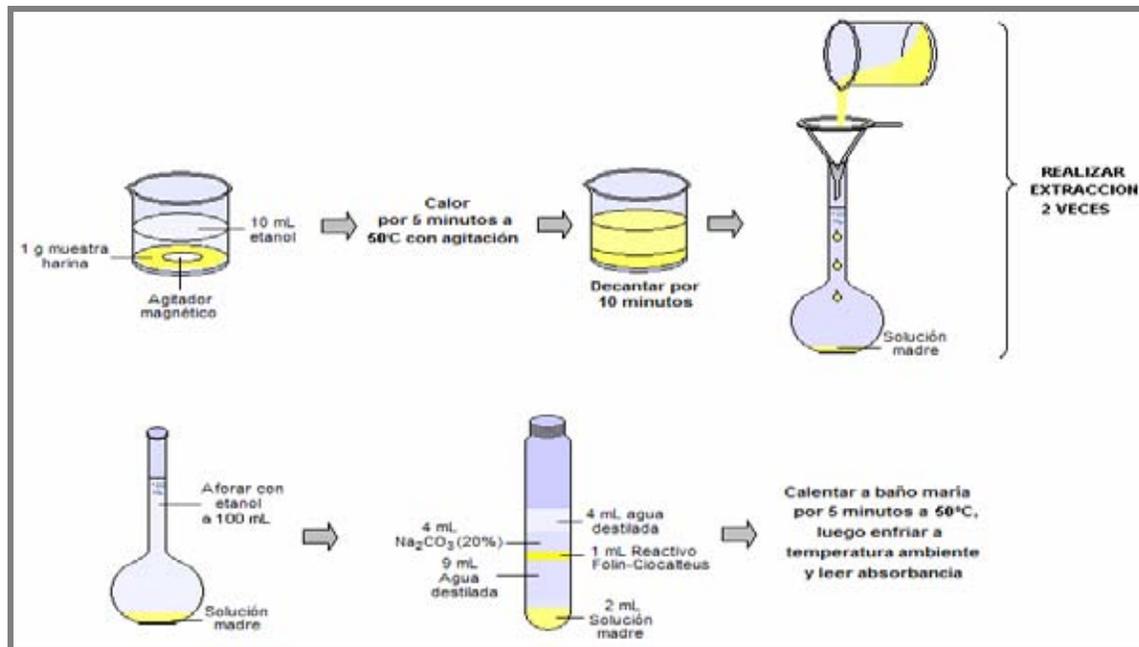


FIGURA 7 Esquema de trabajo utilizado en la determinación fenoles totales.

3.4 Análisis físico de las harinas

En esta etapa se realizó un análisis granulométrico. Este ensayo consistió en determinar la distribución del tamaño de las partículas de la muestra de harina mediante un agitador marca Rotap (modelo RX-29-10). La metodología de trabajo seguida se describe a continuación:

- Se pesaron 10g de muestra de ensayo para cada una de las harinas. La muestra se vació sobre un juego de tamices. Los números de malla y su equivalente en micrómetro se presentan en el CUADRO 10. El juego de tamices se dispuso en orden decreciente de abertura, con tapa y recipiente receptor del residuo.
- La muestra se tamizó por un período de 15 min.

- Se pesaron las fracciones retenidas en cada tamiz (gramos), referido a la masa total de las fracciones retenidas.
- Por último se calcularon los porcentajes parciales retenidos en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra y se expresó la granulometría, con el fin de obtener la distribución granulométrica de la harina de algarrobo obtenida.
- Los datos fueron representados en una curva granulométrica. El gráfico se formó por coordenadas rectangulares de dos ejes. El eje vertical (ordenada) es una escala graduada correspondiente a los porcentajes retenidos y el eje horizontal (abscisa) es una escala graduada con los diámetros de los tamices (μm).

CUADRO 10 Número de malla y equivalente en micrómetro utilizados en el juego de tamices.

Nº DE MALLA	DIÁMETRO MALLA (mm)
10	0,045
16	0,053
30	0,075
40	0,090
50	0,106
80	0,125
100	0,150
120	0,180
140	0,300
170	0,425
200	0,600
270	1,180
325	2,000

3.5 Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó un diseño estadístico multifactorial categórico completamente aleatorizado, con dos factores a distintos niveles, con estructura factorial $2^1 \times 3^1$.

El primer factor que se planteó fue el origen de la semilla cuyos niveles fueron Zona Central y Norte Chico; luego el segundo factor fue el tipo de pelado de la semilla, este a tres niveles, correspondiendo estos a pelado con agua, pelado con soda y pelado con ácido. Por lo tanto, se realizaron 6 tratamientos con tres repeticiones cada uno, lo que dio un total de 18 ensayos.

Las variables de respuesta planteadas para las fracciones de la semilla, fueron rendimiento de mucílago, cotiledón y harina. Por otra parte, en el análisis químico, las variables de respuesta correspondieron a humedad, proteína bruta, ceniza, fibra cruda, extracto no nitrogenado (E.N.N), contenido de carotenos totales y contenido de fenoles totales, todas estas expresadas en porcentaje.

Por otra parte, se realizó un diseño completamente al azar con un factor, para determinar si existió diferencia entre los rendimientos de semillas entre las zonas (Zona Central y Norte Chico), donde el factor fue el origen de la semilla y por último se realizó otro diseño completamente al azar con un factor que fue el tamaño del grano, para determinar si hubo diferencia granulométrica en las harinas. Para confirmar la repetibilidad de los datos se realizó duplicado de todos los análisis.

Debido a que los parámetros fueron expresados en porcentajes se realizó la transformación angular (%Bliss), propuesta por STEEL y TORRIE (1988), antes de realizar el análisis de varianza (Andeva).

3.6 Análisis de datos

Se realizaron los siguientes análisis de datos: Análisis de varianza para los factores que afectan sobre las características finales del producto, análisis de comparación múltiple para promedios (TUKEY con un 95% de confianza) y métodos gráficos de representación de resultados.

Los análisis estadísticos anteriormente mencionados se realizaron con el software *Statgraphics plus 5.1*.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del rendimiento de semillas a partir de vainas provenientes de la Zona Central y Norte Chico de Chile, así como los resultados obtenidos del análisis proximal, carotenos totales y fenoles totales realizados a las harinas obtenidas a partir de los tres tipos de pelados (agua, soda y ácido) y de las dos diferentes zonas (centro y norte chico).

Además se analizan los resultados tanto de rendimiento como los obtenidos del análisis químico de las harinas a fin de determinar las mejores condiciones de pelado para obtener una harina de alta concentración proteica.

4.1 Morfoanatomía de la semilla de *P. chilensis*

Paralelo al trabajo realizado en relación al rendimiento y composición química de la semilla y cotiledón de *P. chilensis*, se realizó un análisis al microscopio electrónico de barrido, con el objetivo de conocer la morfoanatomía de la semilla y cotiledón principalmente.

La muestra se obtuvo cortando manualmente en forma transversal una semilla, la cual fue posteriormente fijada con el líquido fijador de F.A.A, compuesto por alcohol etílico, ácido acético glacial, formalina (40%) y agua destilada.

Las FIGURAS 8 y 9 ilustran la anatomía de la semilla de *P. chilensis*. En ésta se observa la cutícula, la cual reviste la testa, el epispermo (testa), el endospermo (mucílago) y el cotiledón.

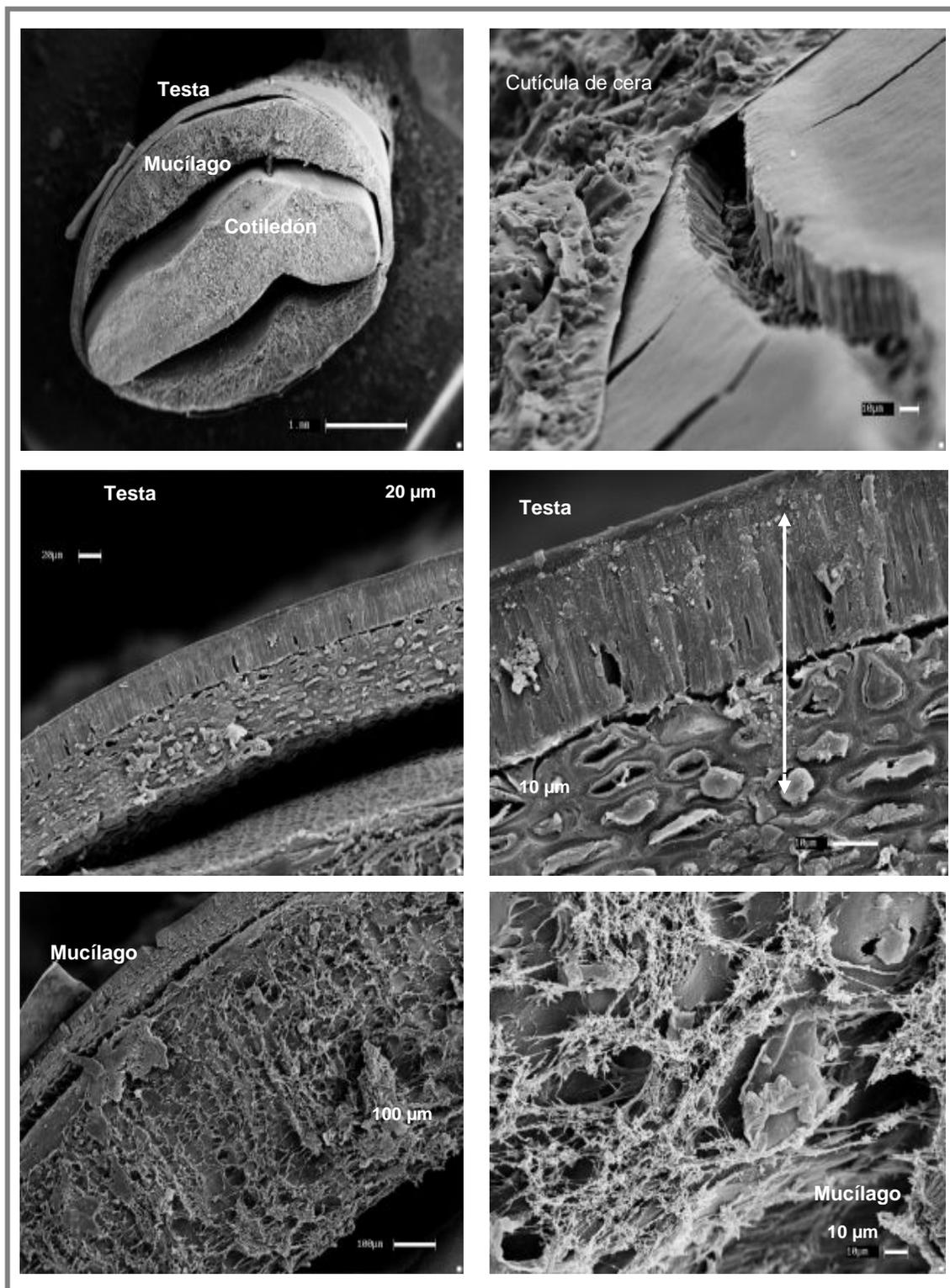


FIGURA 8 Morfoanatomía de la testa y mucílago de la semilla de *P. chilensis*.

A continuación, en la FIGURA 9 se muestra un conjunto de fotografías relacionadas al cotiledón de *P. chilensis*. En ésta se puede observar la división de las angiospermas, en dicotiledóneas.

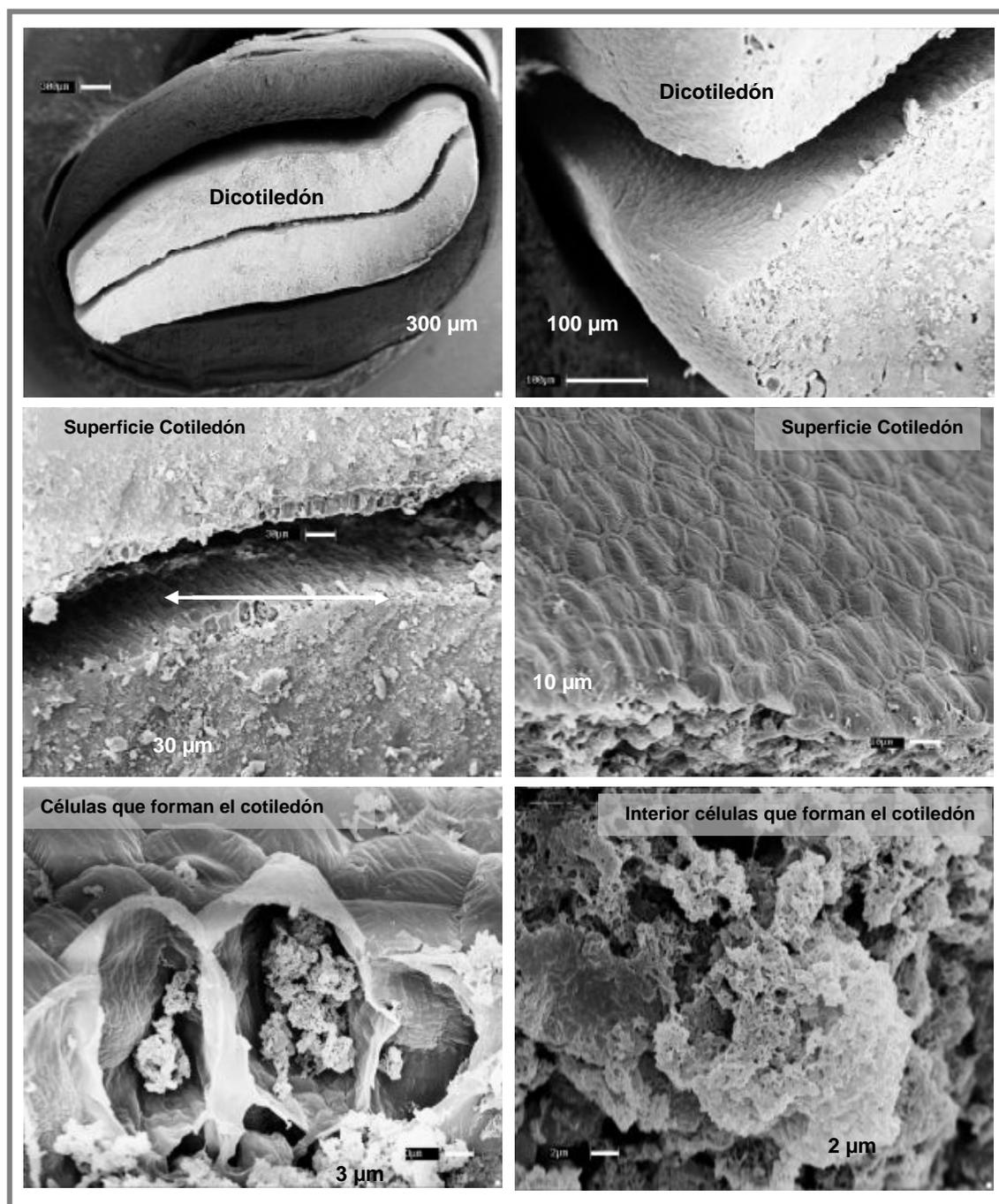


FIGURA 9 Morfoanatomía del cotiledón de *P. chilensis*.

Lo interesante de esta investigación, residió en la gran cantidad de proteína existente en el cotiledón de *P. chilensis* a diferencia de otras leguminosas, es por esto que en la FIGURA 10 se presenta la diferencia entre las células reservantes de almidón (a), las cuales son mas bien redondeadas y la estructura celular del cotiledón de *P. chilensis* (b), las cuales son más bien cristales alargados. En base a la estructura de las células del cotiledón de *P. chilensis*, se podría decir que lo que se encuentra en ésta, es mayoritariamente contenido citoplasmático, rico en proteína, producto de reservas proteicas.

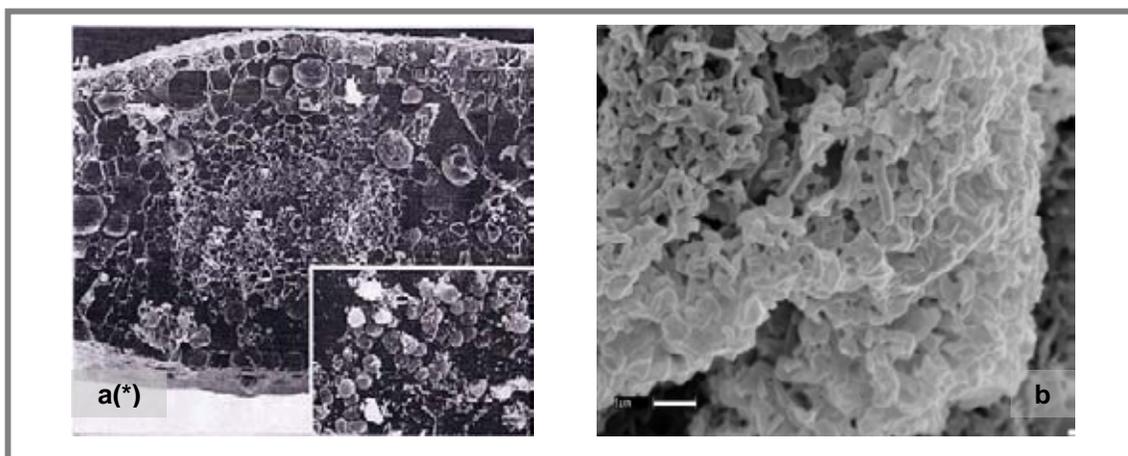


FIGURA 10 Diferencias anatómicas entre células de almidón (a) y cotiledón de *P. chilensis* (b).

FUENTE: MONTENEGRO (1984)(*).

4.2 Resultados del rendimiento de semillas

A continuación se presentan los resultados acerca del rendimiento de semillas, obtenidas a partir de las vainas procedentes de la zona central y norte chico del país. Los resultados de ambos rendimientos fueron comparados para ver la productividad de los frutos.

En la FIGURA 11 se muestran las vainas de *P. chilensis*.

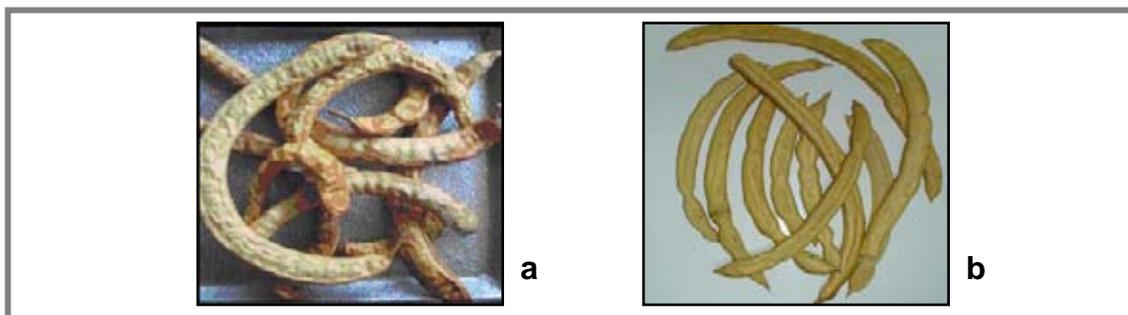


FIGURA 11 Vainas de algarrobo procedentes de zona central (a) y norte chico (b).

De estas se obtuvieron las semillas de *P. chilensis*, las que se muestran en la FIGURA 12.

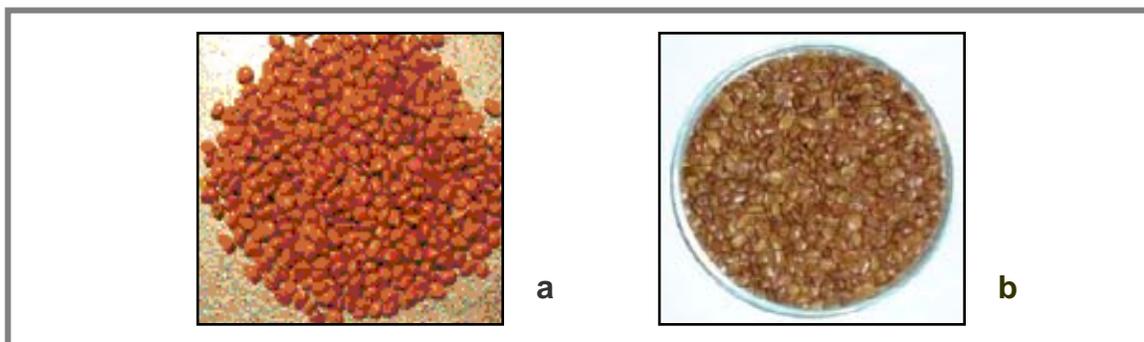


FIGURA 12 Semillas de *P. chilensis* procedentes de zona central (a) y norte chico (b).

En el CUADRO 11 se presentan los promedios y el error estándar para rendimientos de semilla. En éste se observa que el rendimiento promedio de semillas en esta investigación fue de un 22,6% para la zona central y un 18,1% para el norte chico, valores similares a los informados por ESTEVÉZ *et al.* (2000), quienes proporcionaron rangos para rendimiento de semillas de algarrobo desde 21,6% hasta 29,1%, coincidiendo con el informado por HURTADO *et al.* (2002), quienes proporcionaron un valor de 23,5% en relación al rendimiento de semillas a partir de vainas de *P. chilensis*.

CUADRO 11 Rendimientos de semillas a partir de 200 gramos de vaina seca.

ORIGEN SEMILLA	RENDIMIENTO SEMILLA (%)*
Zona central	22,6 ± 1,2 a**
Norte chico	18,1 ± 1,3 b

(*) $\bar{x} \pm DE$ de tres repeticiones.

(**) Letras distintas, indican diferencia estadísticamente significativa según la prueba de Rango Múltiple de Tukey.

Por otra parte ESCOBAR *et al.* (1987), indicaron mayores rendimientos en relación al rendimiento de semillas de *Prosopis chilensis* correspondiendo este a 35,2%, valor significativamente mayor al determinado en esta investigación.

De acuerdo a YANEVICH *et al.* (2001), la producción del fruto es variable, dependiendo de factores tales como cantidad de radiación solar, edad y lugar donde se encuentra el árbol. La especie *Prosopis chilensis* por ser un género que se encuentra en nuestro país en forma natural, puede haber sido afectada por los factores anteriormente mencionados, incidiendo estos en la producción de sus frutos y semillas

Por otra parte, TRASKAUSKAS *et al.* (2001) informó valores menores con respecto al rendimiento de semilla en la especie *Prosopis alba*, correspondiendo éste a un 12%, el cual difiere significativamente al rendimiento obtenido por los autores anteriormente mencionados (ESCOBAR *et al.*, 1987; ESTÉVEZ *et al.*, 2000).

4.3 Rendimiento de mucílago, cotiledón y harina según el origen y el tipo de pelado de la semilla de *P. chilensis*.

Lo que se determinó en esta etapa del estudio fue la influencia del origen de la semilla y tipo de pelado en los rendimientos de las diferentes partes de la semilla (mucílago, cotiledón y harina). Los niveles para el primer factor fueron zona central y norte chico, a los cuales por razones prácticas se les designó

como centro y norte respectivamente y para el tipo de pelado los niveles fueron pelados con agua caliente, con soda y con ácido.

Es importante aclarar, que al analizar los datos mediante el software *Statgraphics plus 5.1*, éste los analizó en forma agrupada. Por ejemplo, al analizar los rendimientos de mucílago según el origen de la semilla, éste tomó los datos correspondientes a la zona central, como un grupo y los de la zona norte como otro grupo, independiente del tipo de pelado.

Al realizar el pelado de la semilla se obtuvieron 4 subproductos, dentro de los cuales se encuentra la testa, el mucílago, el cotiledón y la harina, donde esta última se elaboró a partir de los cotiledones previamente secos. De los subproductos anteriormente mencionados se estudiaron sólo los últimos tres por su relevancia en la industria de alimentos tanto humana como animal.

En la FIGURA 13 se muestran los subproductos obtenidos a partir de la semilla de algarrobo.

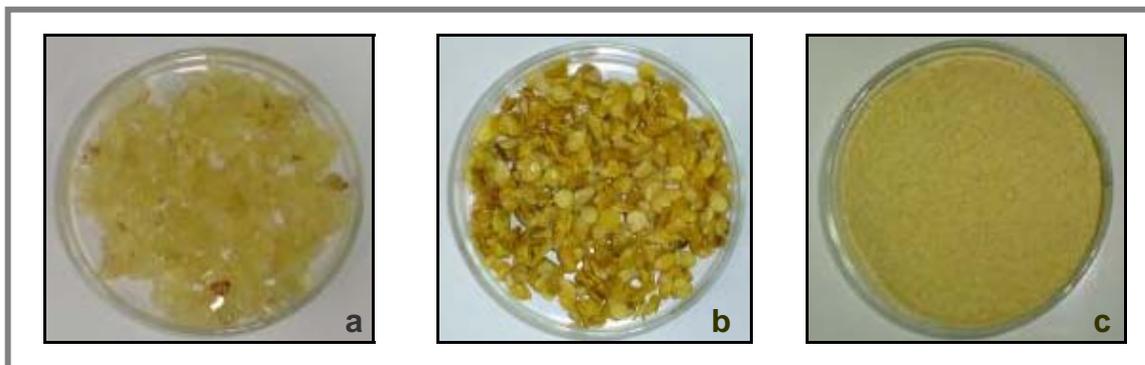


FIGURA 13 Subproductos obtenidos a partir de la semilla de algarrobo, endospermo o mucílago (a), cotiledones (b) y harina (c).

Cabe destacar que los tipos de pelados afectaron en el color de cada harina. Las harinas peladas con agua presentaron un coloración amarilla clara, sin embargo, las peladas con soda presentaron un amarillo más oscuro, lo que se debió a que el tratamiento con álcali produce un cambio del color, favoreciendo

los colores más oscuros, lo que se debe a la alteración que este produce a las proteínas y el almidón, de forma que se desarrolle un color más intenso. Este tratamiento puede verse afectado en los contenidos de proteínas, produciendo una raceminación de los aminoácidos inducida por los álcalis y una pérdida de otros nutrientes.

Por último, las harinas peladas con ácido presentaron una coloración aún más oscura, ya que se quemó tanto la testa como el mucílago, quedando aún restos de partes carbonizadas las que afectaron el color. Las diferencias en la coloración de las harinas se presentan en el FIGURA 14.

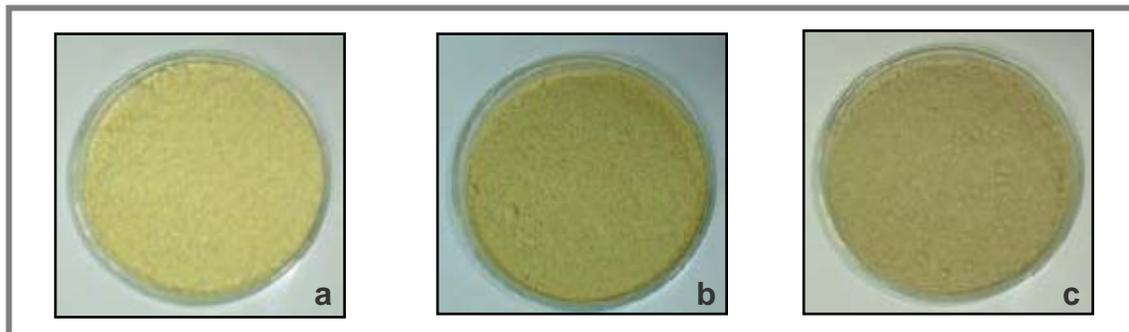


FIGURA 14 Efecto del pelado con agua caliente (a), soda (b) y ácido (c), sobre la coloración de las harinas.

A continuación en el CUADRO 12 y en la FIGURA 15 se presentan los resultados promedio y desviación estándar del rendimiento de cada parte de la semilla de *P. chilensis* y los resultados del análisis de varianza en relación al rendimiento de mucílago, cotiledón y harina según el tipo de pelado y el origen de la semilla de algarrobo respectivamente.

CUADRO 12 Rendimiento promedio de mucílago, cotiledón y harina (g/100g) según el tipo de pelado.

TIPO PELADO	ORIGEN SEMILLA	RENDIMIENTO (%) *		
		MUCÍLAGO	COTILEDÓN	HARINA
Agua	Centro	29,63±1,0 Aa**	43,55±0,1 Aa**	38,2±0.8 Aa**
	Norte	30,44±0,3 Aa	40,72±0,5 Ba	34,2±1.1 Ba
Soda	Centro	30,39±2.6 Aa	43,85±0,3 Aa	37,5±2.2 Aa
	Norte	27,48±0.6 Aa	41,50±1,4 Ba	36,2±1.9 Ba
Ácido	Centro	0 Ab	45,67±1,5 Aa	44,7±1.7 Aa
	Norte	0 Ab	40,30±2.7 Ba	38,8±2.8 Ba

(*) $\bar{x} \pm DE$ de tres repeticiones.

(**) Letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el origen de la semilla ($p \leq 0.05$) y letras minúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el tipo de pelado ($p \leq 0.05$), ambas según la prueba de Rango Múltiple de Tukey.

4.3.1 Resultados del rendimiento de mucílago. El ANDEVA (Análisis de varianza) realizado para el rendimiento de mucílago en relación al origen y tipo de pelado, reveló que no existió diferencia estadísticamente significativa al 95% de confianza entre los orígenes de la semilla, sin embargo hubo diferencia entre los pelados. De lo anterior en la FIGURA 15 se observa que no existió diferencia significativa entre el pelado con agua y soda, sin embargo si existió diferencia entre el pelado con ácido con respecto a los dos restantes, siendo este último el que obtuvo un menor rendimiento de mucílago.

Los resultados presentados en el CUADRO 12 y en la FIGURA 15 indican que no hubo rendimiento de mucílago en el pelado con ácido ya que éste disolvió esta parte de la semilla dejando solamente el cotiledón, sin embargo, este método es cuestionable para los fines del estudio ya que el mucílago es una materia prima que puede ser utilizado con fines industriales, ya que éste es soluble en agua y forma soluciones cinco veces más viscosas que la del almidón debido a su estructura ramificada; es por esto que se utiliza como aditivo alimenticio (PASIECZNIK *et al.*, 2001).

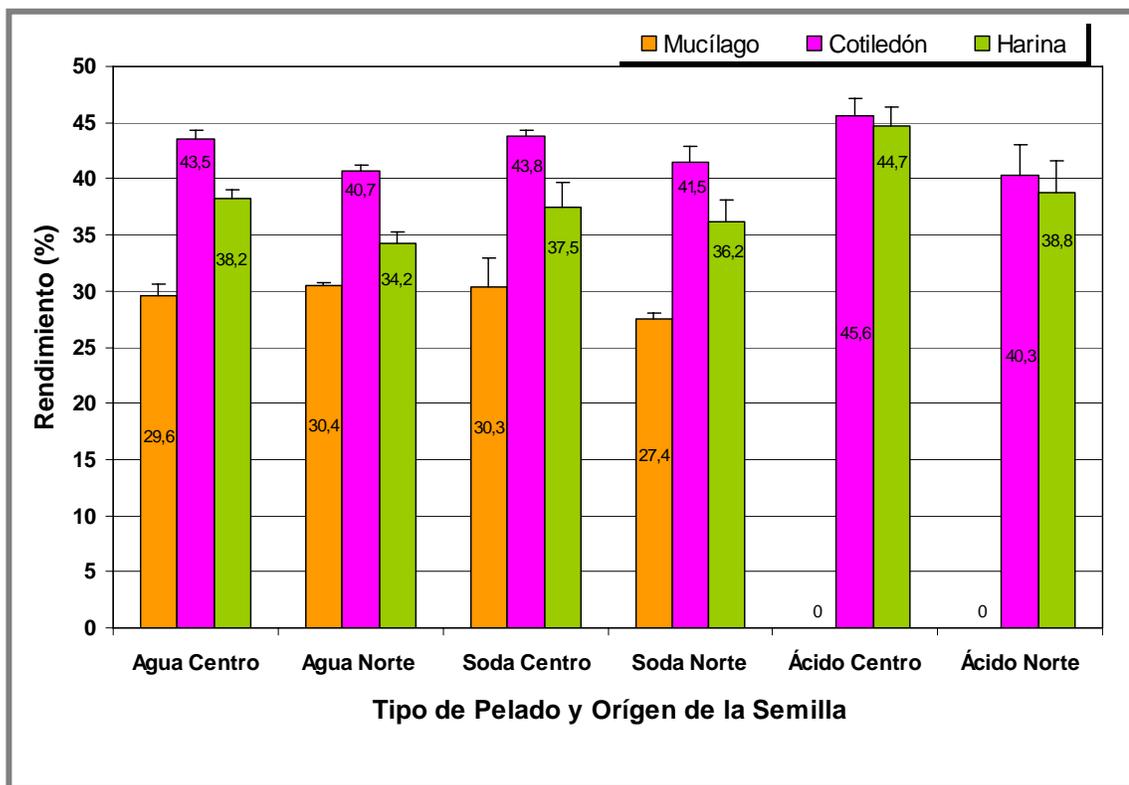


FIGURA 15 Resultados del análisis de varianza en relación al rendimiento de mucílago, cotiledón y harina según el tipo de pelado y el origen de la semilla de algarrobo.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron inferiores a los informados por ESTÉVEZ *et al.* (2000), quienes encontraron un rango para el rendimiento de mucílago entre 28,8% hasta 30,9%. Igualmente ESCOBAR *et al.* (1987), informó porcentajes mayores a los obtenidos en esta investigación los cuales correspondieron a 28,0% y 30,8% para semillas de algarrobo provenientes de dos diferentes zonas de Chile correspondiendo estas a Ovalle y Polpaico respectivamente.

4.3.2 Resultados del rendimiento de cotiledón. De acuerdo al análisis de varianza ($p \leq 0,05$) realizado, existieron diferencias significativas al 95% de

confianza entre los orígenes de las semillas, sin embargo no existió diferencia entre los tipos de pelado.

En el CUADRO 12 y la FIGURA 15 se observa que la zona central fue la que obtuvo un mayor rendimiento en cotiledones. Independiente el origen y tipo de pelado, los valores obtenidos en este estudio, son significativamente mayores al informado por ESTÉVEZ *et al.* (2000), quienes proporcionaron rangos para rendimiento de cotiledón en semillas de algarrobo un rango desde 28,0% hasta 30,9%.

Por otra parte, los valores informados por ESCOBAR *et al.* (1987), se acercan más a los presentados en este estudio, correspondiendo éstos a 38,8% y 43,0%, para semillas provenientes de Polpaico y Ovalle, respectivamente.

4.3.3 Resultados del rendimiento de harina. De acuerdo al análisis de varianza ($p \leq 0,05$) realizado, existieron diferencias significativas al 95% de confianza entre los orígenes de las semillas, sin embargo no entre los tipos de pelado. Cabe destacar que la harina proviene de los cotiledones, por lo tanto su rendimiento es similar al obtenido en el punto 4.2.2. De lo anterior en el CUADRO 12 y FIGURA 15 se observa que la zona central fue nuevamente la que obtuvo el mayor rendimiento en harina.

En relación a este resultado, no se encontraron datos en la literatura sobre rendimientos de harina, por lo que no se pudo realizar una comparación de resultados.

4.4 Resultados del análisis proximal realizado a las harinas

En el CUADRO 13 se presentan los resultados obtenidos del análisis proximal realizado a las harinas obtenidas a través de los tres tipos de pelado (agua, soda y ácido) originarias de la zona centro y norte de Chile.

CUADRO 13 Análisis proximal de las muestras de harina obtenida a partir del cotiledón de algarrobo.

Tipo Pelado	Origen Semilla	Análisis Proximal (%) [*]					
		Humedad	Proteína	Extracto Etéreo	Fibra	ENN	Cenizas
Agua	Centro	3,1±0,10Aa ^{**}	72,6±0,57Ba	10,4±0,09Aa	2,62±0,57Ab	6,87±0,63 Ab	5,0±0,03Ab
	Norte	3,1±0,12Ba	72,7±1,19Aa	10,5±0,54Aa	1,84±0,37Ab	6,46±1,67 Ab	5,2±0,03Ab
Soda	Centro	3,1±0,44Ab	65,7±0,54Bb	10,0±0,19Aa	3,04±0,81Aa	10,59±1,76 Ab	7,5±0,76Aa
	Norte	2,7±0,01Bb	68,4±0,75Ab	10,3±0,25Aa	3,12±0,75Aa	8,78±1,42 Ab	7,1±0,29Aa
Ácido	Centro	2,1±0,07Ac	55,1±1,01Bc	7,9±0,25Aa	2,17±0,32Ab	23,51±2,13 Aa	7,4±0,05Aa
	Norte	1,9±0,20Bc	56,2±0,50Ac	8,6±0,13Aa	2,51±0,46Ab	22,82±0,96 Aa	7,1±0,07Aa

(*) $\bar{x} \pm DE$ de dos repeticiones.

(**) Letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el origen de la semilla ($p \leq 0.05$) y letras minúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el tipo de pelado ($p \leq 0.05$), ambas según la prueba de Rango Múltiple de Tukey.

4.4.1 Resultados del contenido de proteína. Los resultados del análisis estadístico determinaron que tanto los tipos de pelado como los orígenes de la semilla tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de proteína, a un nivel de confianza de 95%.

La prueba de Tukey arrojó que la zona norte fue la que tuvo un mayor contenido de proteínas y las harinas tratadas con agua las que obtuvieron los mejores resultados en relación al contenido de esta misma, siendo el pelado con ácido el que presentó los menores resultados.

De esto se puede resaltar que las semillas tratadas con agua no tuvieron un efecto sobre la macromolécula de proteína presente en los cotiledones de *P. chilensis* debido a la interacción que éstas tuvieron con el agua a través de los enlaces peptídicos o a través de las cadenas laterales de los aminoácidos; sin embargo, la soda y el ácido, sí tuvieron un efecto sobre el contenido de proteína, esto debido a que a valores de pH superiores o inferiores al punto isoeléctrico de la proteína, ésta arrastra una carga eléctrica positiva o negativa haciendo que las moléculas de agua interactúen con estas cargas, contribuyendo a la solubilización de las proteínas. La solubilidad y, por tanto el

rendimiento de la extracción es mayor a pH alcalino (o neutro) que a pH ácido (FENNEMA, 1993).

Cabe señalar que los resultados presentados en esta investigación, no representan el valor nutricional de la proteína, ya que éste se determina en función de la digestibilidad y patrón aminoacídico, análisis que no fueron realizados en este estudio, es por esto que los resultados obtenidos, fueron únicamente al contenido de proteína total.

En el CUADRO 13 y la FIGURA 16 se observa que el pelado que obtuvo un mayor contenido de proteínas fue el pelado con agua, luego el pelado con soda y por último el pelado con ácido; y en relación al origen, la zona norte fue la que obtuvo un mayor contenido de proteína.

El relación al contenido de proteína en el género *prosopis*, éste es mayor que en leguminosas tradicionales (ESCOBAR *et al.*, 1987), ya sea en relación a la semilla entera o a los cotiledones. En cuanto al contenido de proteína en semillas enteras, Becker y Grosjean, citados por VÁSQUEZ *et al.* (1991), presentaron porcentajes de 29,4% para *Prosopis vetulina* y 31,2% para *Prosopis glandulosa*. Por otra parte ESCOBAR *et al.* (1987) informaron valores levemente mayores en la especie *P. chilensis*, encontrándose éstos entre un 33,1% hasta 33,9%.

Como se señalara anteriormente los mayores valores en contenido de proteína correspondieron a las extraídas a partir de los cotiledones pelados con agua, correspondiendo éstos a 72,6% para la zona centro y un 72,7% para el norte. Estos valores se asemejan a los informados por VÁSQUEZ *et al.* (1991), quienes en su estudio en relación al contenido de proteína en los cotiledones de algarrobo tratados con calor húmedo (presión) obtuvieron valores de 73,3% para el contenido de proteína. De la misma forma estos valores se encuentran dentro de lo informado por ESCOBAR *et al.* (1987), quienes proporcionaron valores para el contenido de proteína para cotiledones de algarrobo de 70,3% y 72,4%.

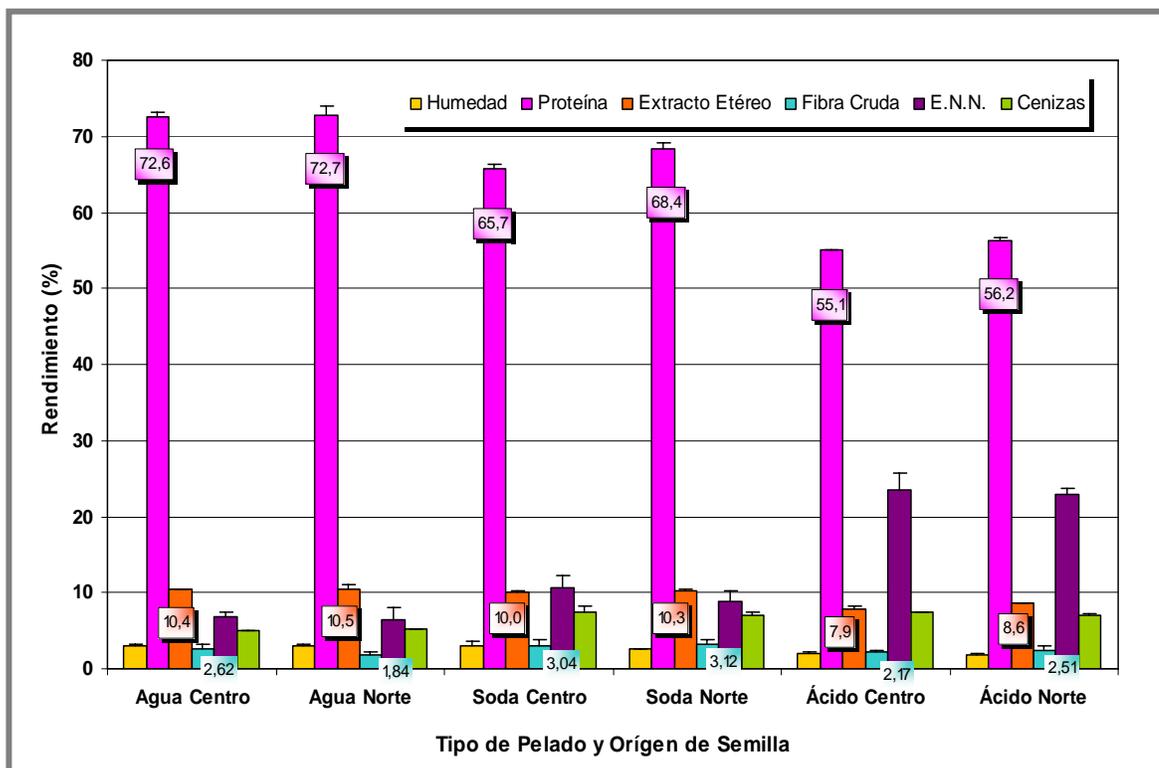


FIGURA 16 Resultados del análisis de varianza en relación al análisis proximal realizado a las harinas según el tipo de pelado y el origen de la semilla de algarrobo.

En el caso de las semillas peladas con soda, se obtuvieron valores de 65,7% para la zona central y 68,4 para el norte chico, los que se asemejan a los obtenidos por ESCOBAR *et al.* (1987) al tratar las semillas por calor seco (microondas) quien informó para éstas un valor de 64,2% de proteína. Tanto VÁSQUEZ *et al.* (1991) como ESCOBAR *et al.* (1987) utilizaron un tratamiento con soda (0,5%) a 75°C durante 4 a 10 minutos para la obtención de los cotiledones. Al igual que los autores antes mencionados CRUZ (1998), informó valores de un 65% de proteína en cotiledones de la especie *P. pallida*, con un perfil aminoacídico similar al de *P. chilensis*.

Por último, en el CUADRO 13 se observa que el menor valor para contenido de proteína, se obtuvo en las semillas tratadas con ácido, correspondiendo a un 55,1% para las semillas del centro y un 56,2% para las del norte. Estos

resultados fueron similares a los obtenidos por VÁSQUEZ *et al.* (1991), quienes informaron un valor de 56% para el contenido de proteína en el cotiledón de la especie *Prosopis velutina*.

Es importante señalar que un tratamiento térmico moderado, como los que fueron aplicados a las semillas para la obtención de los cotiledones, aumentan la calidad biológica de la proteína de *P. chilensis*, disminuyendo también el contenido de lectinas y factores antitripticos, asegurando un bajo nivel de riesgo toxicológico (DEL VALLE *et al.*, 1983). A su vez un tratamiento térmico severo como la cocción, podría aumentar la digestibilidad de la proteína en alrededor de un 13% (VIJAYAKUMARI *et al.*, 1997).

Ya presentados los resultados acerca del contenido de proteína en las harinas de algarrobo es posible comparar estos, con especies vegetales utilizadas actualmente como complemento proteico, tanto en alimentación humana como animal.

En la FIGURA 17 se observa en forma gráfica las diferencias en los contenidos de proteína entre especies vegetales tales como haba, lenteja, arveja, poroto y garbanzo, con respecto a valores de proteína de *Prosopis chilensis* informadas por DEGUSSA (2003) y VÁSQUEZ *et al.* (1991) y por último con los resultados obtenidos en esta investigación.

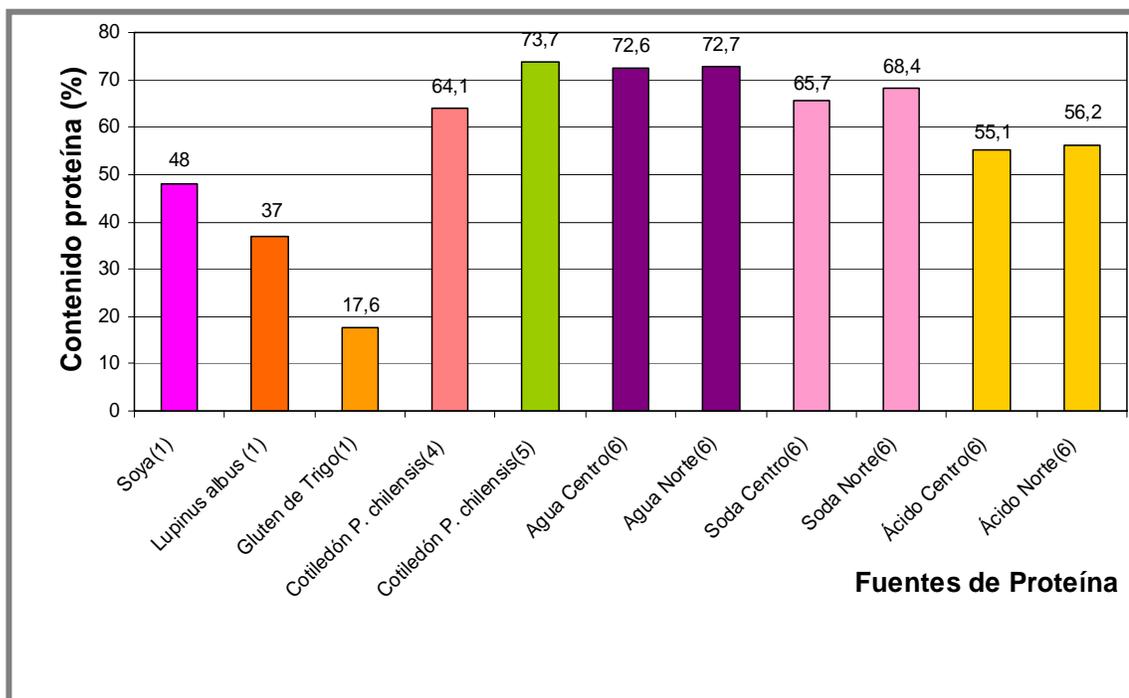


FIGURA 17 Comparación del contenido de proteínas en diferentes especies vegetales utilizadas como complemento proteico en alimentación humana.

FUENTE: ANRIQUE *et al.* (1995) (1)(2)(3), VÁZQUEZ *et al.* (1991) (4)(5).

Además, en la FIGURA 17 es posible observar que los contenidos de proteína presentes en las harinas de *P. chilensis*, los cuales se señalan con el número (6), cualquiera sea el tipo de pelado, superan considerablemente a los contenidos de proteína con respecto a las especies comparadas. Este resultado sería de gran ayuda para la industria de alimentos al momento de querer elaborar nuevos productos.

En relación a la utilización de proteína de *P. chilensis* en la formulación de alimento para peces, en la FIGURA 18 se puede observar que los contenidos de proteínas de las especies de uso común utilizadas como ingredientes en la formulación de éstos (como por ejemplo soya, *Lupinus albus* y gluten de trigo), se encuentran muy por debajo de los resultados obtenidos en esta investigación en relación al contenido de proteína en la harina de *P. chilensis*, los cuales en la FIGURA 18 se señalan con el número (6).

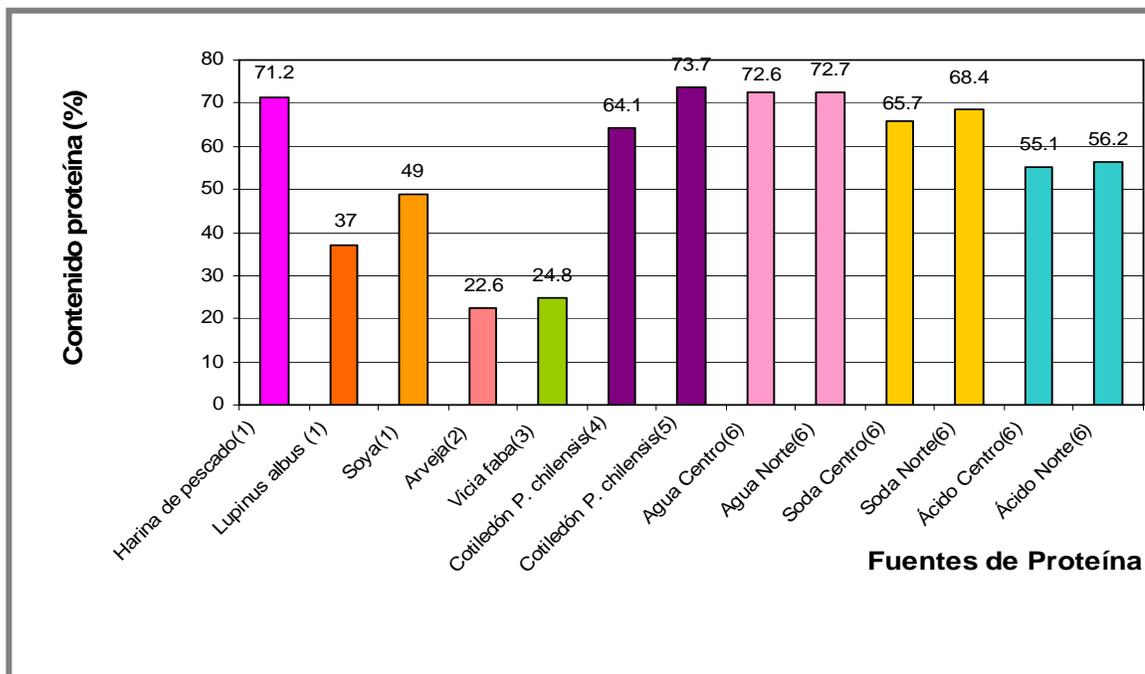


FIGURA 18 Comparación del contenido de proteínas en diferentes especies vegetales utilizadas como complemento proteico en alimentación animal.

FUENTE: ANRIQUE (1995) (1); VÁZQUEZ *et al.* (1991) (4)(5).

De este modo la harina de *P. chilensis*, sería un interesante ingrediente en la elaboración de alimento para peces, ya que el contenido proteico en ésta es comparativamente más atractivo que las fuentes proteicas de uso común, tanto en alimentación humana como animal.

4.4.2 Resultados del contenido de extracto etéreo. Los resultados del análisis estadístico en relación al contenido de extracto etéreo determinaron que no hubo diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de confianza de 95%, entre los orígenes de la semilla ni los tipos de pelado.

Los resultados que se presentan en el CUADRO 13 y la FIGURA 16, muestran que los contenidos de extracto etéreo presentes en las harinas de *P. chilensis* fueron homogéneos, no obstante la zona central y el pelado con ácido fueron

los que obtuvieron los menores contenidos de extracto etéreo, correspondiendo éste a un 7,9%. El mayor contenido estuvo en la harina utilizando el pelado con agua de semillas provenientes de la zona norte correspondiendo este a un 10,5%.

Estos resultados son similares a los reportados por VÁSQUEZ *et al.* (1991), quienes obtuvieron un 11,4% de extracto etéreo en cotiledones de *P. chilensis* tratados con presión (calor húmedo), sin embargo estos mismos reportaron un valor significativamente menor para cotiledones tratados con calor seco (microondas) de 6,0%, lo cual se vio afectado por el tipo de tratamiento al que se vieron expuestas las semillas. Las semillas analizadas en este estudio fueron tratadas de forma similar al tratamiento con presión citado por VÁSQUEZ *et al.* (1991), es por esto que los resultados presentados en relación a este tratamiento fueron similares a los encontrados en este estudio.

Por otro lado ESCOBAR *et al.* (1987), informó valores levemente mayores en contenido de extracto etéreo en cotiledones de algarrobo procedentes de la zona de Ovalle, correspondiendo este a un 13,4%. Sin embargo, este mismo informó valores menores para semillas provenientes de la zona de Polpaico, valor que se encuentra cercano a los obtenidos en este estudio correspondiendo este a 9,2% de extracto etéreo en cotiledones.

A pesar de los bajos contenidos de extracto etéreo presentes en la semilla de *P. chilensis*, se debe destacar la buena calidad de éstos, ya que las leguminosas en general presentan gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, linolénico y oleico), los que son esenciales para los seres humanos, así como para los peces y otros vertebrados, por lo que es importante su suministro en la dieta (NRC, 1993), es por esto que una harina con mayor cantidad de extracto etéreo como en este caso, sería una mejor alternativa en su utilización a nivel industrial, ya sea en alimentación humana como animal.

4.4.3 Resultados del contenido de fibra. A continuación se presentan los resultados obtenidos en relación al contenido de fibra cruda y fibra dietaria total de las harinas.

4.4.3.1 Fibra cruda. Los resultados del análisis estadístico en relación al contenido de fibra cruda, determinó que no hubo diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de confianza de 95%, entre los orígenes de la semilla, sin embargo, sí entre los tipos de pelado.

La prueba de Tukey para determinar entre qué procesos existieron diferencias, arrojó que no existió diferencia entre los pelados con agua y ácido; no obstante existió diferencia estadísticamente significativa entre el pelado con soda con respecto a los dos restantes, obteniendo este el mayor contenido de fibra.

En el CUADRO 13 y la FIGURA 16 se observa que los mayores contenidos de fibra cruda se encontraron en el pelado con soda correspondiendo estos a 3,04% para el centro y 3,12% para el norte.

El valor de contenido de fibra obtenidas en este estudio para el pelado con soda, fueron muy similares a los informados por VÁSQUEZ *et al.* (1991), quienes informaron valores para cotiledones tratados con presión correspondientes a 2,9%. Estos mismos autores informaron valores más altos en cotiledones de *P. chilensis* tratados con calor seco (microondas), siendo este de 4,3%. De lo anterior se puede decir que el tratamiento aplicado a los cotiledones afectó significativamente en el contenido de fibra cruda.

4.4.3.2 Fibra dietaria total (FDT). El objetivo de este análisis fue obtener una estimación del contenido de FDT, la cual se compone por la fibra dietaria soluble (FDS) y la fibra dietaria insoluble (FDI), por lo tanto se realizó sólo una muestra para cada origen y no se realizaron repeticiones.

Los resultados obtenidos, se presentan en el CUADRO 14, correspondiendo ambas muestras a harinas obtenidas a partir de cotiledones tratados con agua.

CUADRO 14 Valores de contenido de fibra dietaria soluble, insoluble y total presentes en harinas de cotiledón de *P. chilensis*.

Origen Semilla	Fibra Dietaria Soluble (%)	Fibra Dietaria Insoluble (%)	Fibra Dietaria Total (%)
Centro	3,31±0,1	17,72±0,4	21,10±0,4
Norte	3,35±0,4	17,55±1,1	20,90±1,1

(*) $\bar{x} \pm DE$ de dos repeticiones.

Los contenidos de FDT presentados en el CUADRO 14 no pudieron ser comparados, ya que no se encontraron datos en la literatura sobre el contenido de FDT presente en los cotiledones de *P. chilensis*.

4.4.4 Resultado del contenido de extracto no nitrogenado. En esta fracción se agrupan mono y disacáridos, la parte soluble de la celulosa, pentosas y lignina, las hemicelulosa, el almidón, la inulina y toda clase de azúcares, materias pécticas, ácidos orgánicos y otras materias solubles libres de nitrógeno (BERNAL, 1993).

A pesar que *P. chilensis* contiene altas concentraciones de azúcares, éstos son convertidos en almidón al ser trasportados a las semillas, por lo que los resultados presentados en este punto corresponderían mayoritariamente a concentraciones de almidón.

Los resultados del análisis estadístico en relación al contenido de extracto no nitrogenado determinaron que no hubo diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de confianza de 95%, entre los orígenes de la semilla, sin embargo sí entre los tipos de pelado.

La prueba de Tukey para determinar entre qué procesos existieron diferencias, arrojó que no existió diferencia entre los pelados con agua y soda, no obstante existió diferencia estadísticamente significativa entre el pelado con ácido y los

otros dos tipos de pelados, obteniendo este último los mayores contenidos de extracto no nitrogenado.

En el CUADRO 13 y la FIGURA 16 se observa que los mayores contenidos de E.N.N se presentaron en las harinas peladas con ácido. De igual forma, se observa que al utilizar el pelado con ácido no existió gran diferencia en relación al contenido de E.N.N entre las dos diferentes zonas, obteniendo para estas un 23,51% y un 22,82% para la zona centro y norte respectivamente. Lo resultados obtenidos en esta investigación son levemente mayores a los informados por VÁSQUEZ *et al.* (1991), quienes presentaron un valor de 20,6% de E.N.N. en cotiledones de la especie *P. chilensis*.

En el CUADRO 13 se puede observar que el contenido de E.N.N. en las harinas obtenidas a partir de la extracción de los cotiledones pelados con agua obtuvieron los menores resultados, los cuales estuvieron en el orden del 6%, al igual que los valores obtenidos para los pelados con agua y soda son significativamente menores a los obtenidos en el pelado con ácido.

Estos valores son similares a los obtenidos por VÁSQUEZ *et al.* (1991), en los cotiledones tratados a presión, quienes informaron un valor de 7,8% para el contenido de E.N.N.

Por último, los resultados obtenidos en las harinas tratadas con soda obtuvieron valores intermedios entre los dos pelados restantes correspondiendo estos a 10,59% para el centro y 8,78% para el norte, los que se pueden observar en el CUADRO 14. Estos valores son similares a los informados por ESCOBAR *et al.*, (1987), quienes entregaron valores de 9,2% para cotiledones procedentes de Ovalle y 11,3% para estos mismos procedentes de Polpaico.

4.4.5 Resultados del contenido de ceniza. Los resultados del análisis estadístico en relación al contenido de cenizas, indicó que no hubo diferencia

estadísticamente significativa, a un nivel de confianza de 95%, entre los orígenes de la semilla, sin embargo sí entre los tipos de pelado.

La prueba de Tukey para determinar entre qué procesos hubo diferencias, evidenció que no existió diferencia entre los pelados con ácido y soda, no obstante existió diferencia estadísticamente significativa entre el pelado con agua con respecto a los otros pelados, obteniendo este el menor contenido de cenizas (ver FIGURA 16)

En el CUADRO 13 se observa que los menores contenidos de ceniza estuvieron en las harinas con utilizando el pelado con agua, obteniendo para estas un 5,0% y 5,2% para el centro y norte respectivamente. Estos valores son similares a los informados por ESCOBAR *et al.* (1987), quienes reportaron contenidos de cenizas en cotiledones de algarrobo de 4,7% tanto para cotiledones procedentes de las zonas de Ovalle y Polpaico. A su vez VÁSQUEZ *et al.* (1991), informó valores similares a los anteriormente citados para cotiledones tratados con calor seco, correspondiendo éste a 4,8%.

Los otros dos tipos de pelado (soda y ácido), obtuvieron valores más altos, lo que indica que el tipo de pelado influye en el contenido de cenizas.

4.5 Determinación de contenido de carotenos y fenoles totales en la harina de *P. chilensis*

En el CUADRO 15 se presentan los resultados para carotenos y fenoles totales de las harinas de *P. chilensis*.

Los fenoles se expresaron en concentraciones porcentuales, dada su mayor presencia en la harina, en tanto, los carotenos en concentraciones expresadas en partes por millón (HAVLIN *et al.*, 1999).

4.5.1 Resultados del contenido de carotenos. Los resultados en relación al contenido de carotenos presentados en el CUADRO 15, son mayores a los informados por TODOROV *et al.* (1996), para la especie *Lupinus albus*, quien

registró una concentración de 2,9 mg/kg (ppm). También informó concentraciones en *Lupinus luteus* de 14,2 mg/kg (ppm) valor significativamente mayor al del *Lupinus albus*, pero igualmente inferior a los presentados en esta investigación.

Esto demuestra que el algarrobo se destacaría por su contenido de carotenos, en comparación con el lupino, por lo tanto sería una buena fuente de provitamina A, ya sea en nutrición humana como animal (TODOROV *et al.*, 1996), a pesar de los bajos resultados. Por otra parte, Entizan y Hudson citado por MOHAMED y RAYAS DUARTE (1995), señalan que la coloración amarilla de los cotiledones lupino, se debe a los carotenos, al igual que en *P. chilensis*.

CUADRO 15 Valores promedios del contenido de carotenos y fenoles totales de las muestras de harinas obtenidas a partir del cotiledón de algarrobo.

Tipo Pelado	Origen Semilla	Carotenos totales (ppm)*	Fenoles totales (%)*
Agua	Centro	566,55 ± 14,83Ac**	17,38 ± 0,36Bb
	Norte	604,56 ± 15,36Ac	16,93 ± 0,29Ab
Soda	Centro	537,99 ± 14,97Ab	16,61 ± 0,18Ba
	Norte	483,63 ± 11,72Ab	12,93 ± 0,27Aa
Ácido	Centro	429,20 ± 6,62Aa	14,32 ± 0,13Ba
	Norte	405,94 ± 7,54Aa	13,69 ± 0,24Aa

(*) $\bar{x} \pm DE$ de dos repeticiones.

(**) Letras mayúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el origen de la semilla ($p \leq 0.05$) y letras minúsculas distintas en una misma columna, indican diferencia estadísticamente significativa sobre el tipo de pelado ($p \leq 0.05$),

Los resultados del análisis estadístico en relación al contenido de carotenos totales determinó que no hubo diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de confianza de 95%, entre los origen de la semilla, sin embargo sí entre los tipos de pelados.

En relación a los tipos de pelado, la prueba de Tukey demostró que hubo diferencia entre los tres tipos de pelado, siendo el pelado con agua el que tuvo el mayor contenido de carotenos, posteriormente el pelado con soda y por último el pelado con ácido.

A pesar de que los carotenos son insolubles en agua, poseen la característica de presentarse en forma de ésteres o en combinación con azúcares y proteínas (FENEMMA, 1993), siendo las harinas provenientes de cotiledones pelados con agua las que presentaron los mayores contenidos de proteína, por lo que era de esperar que éstas contengan las mayores concentraciones de carotenos.

Cabe destacar que no se encontraron datos acerca del contenido de carotenos en cotiledones de algarrobo, por lo tanto no se pudo hacer una comparación de resultados con otros autores.

4.5.2 Resultados del contenido de fenoles. El análisis estadístico determinó que tanto los tipos de pelado como los orígenes de la semilla tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de fenoles totales, a un nivel de confianza de 95%.

En relación a los tipos de pelado, la prueba de Tukey arrojó que hubo diferencia estadísticamente significativa entre el pelado con agua y el pelado con soda y ácido, sin embargo no existió diferencia entre el pelado con soda y ácido.

Los resultados entregados por la prueba de Tukey en relación al origen, indicaron que las semillas provenientes de la zona norte fueron las que tuvieron los mayores contenidos de fenoles, siendo las de la zona centro las que obtuvieron las menores concentraciones de fenoles.

En el CUADRO 15 se puede observar que el mayor contenido de fenoles fue de 17,38% (en semillas de la zona central, peladas con agua). No existe información en la literatura sobre el contenido de fenoles en los cotiledones de *P. chilensis*, sin embargo ASTUDILLO *et al.* (2000) informó que en harinas de

P. chilensis obtenidas a partir del fruto completo, el contenido de fenoles corresponde a 7,86%, no obstante dicho valor no es comparable con el presentado en esta investigación ya que éste corresponde al fruto completo.

Por otra parte PROKOPIUK *et al.* (2000), encontró valores para contenidos de polifenoles presentes en harinas de vainas completas de 0,06% para la especie *P. alba* y 0,13% para *P. pallida*. Ambos valores son significativamente más bajos que los obtenidos por ASTUDILLO *et al.* (2000), lo que se pudo deber a un efecto de dilución del resto de los materiales sobre los fenoles del fruto entero.

Las altas concentraciones de fenoles presentes en los cotiledones de algarrobo, es un dato de gran importancia debido a que la mayor cantidad de ácidos grasos presentes en éstos son insaturados y como es sabido los ácidos grasos insaturados son mucho más susceptibles a las reacciones de oxidación que sus análogos saturados, por lo tanto los fenoles presentes en la harina de algarrobo jugarían un papel muy importante como antioxidante en los alimentos.

Cabe destacar que no se encontraron datos acerca del contenido de fenoles en cotiledones de *P. chilensis*.

4.6 Resultados del análisis granulométrico realizado a las harinas

Esta etapa del estudio consistió en determinar la granulometría de las harinas, o sea, el tamaño aproximado de los granos que conforman las harinas.

En el CUADRO 16 se presentan los resultados obtenidos en relación a la granulometría de las harinas, donde el eje X, que representa el tamaño del tamiz se grafica mediante una escala cualitativa categórica, no numérica.

En éste se observa que la mayor fracción de harina retenida fue en el tamiz con una abertura de 0,18 mm, seguida por el tamiz de diámetro 0,3 mm, correspondientes a los números de mallas 120 y 140 respectivamente.

En éste se observa que los cotiledones pelados con agua y soda obtuvieron una harina con un mayor tamaño de grano. Por el contrario, los cotiledones obtenidos con el pelado con ácido fueron más friables, por lo que el tamaño del grano obtenido en estos fue menor, quedando una mayor fracción de harina en el tamiz de 0,18 mm,. En la FIGURA 19 se puede observar en forma gráfica los resultados arrojados por este análisis.

CUADRO 16 Resultados del análisis granulométrico realizado a las harinas.

Tamaño tamiz (mm)	Pelado Agua (%)	Pelado Soda (%)	Pelado Ácido (%)
1,18	1,00 ± 0,3	2,60 ± 0,3	2,70 ± 0,5
0,60	8,30 ± 1,2	11,6 ± 0,7	14,0 ± 0,3
0,43	6,00 ± 1,0	17,70 ± 5,4	18,3 ± 4,0
0,30	44,0 ± 4,5	39,7 ± 2,6	48,0 ± 4,4
0,18	61,3 ± 3,7	58,6 ± 9,9	58,3 ± 5,0
0,15	19,70 ± 2,2	26,0 ± 2,4	17,0 ± 2,1
0,13	18,00 ± 2,4	22,0 ± 2,3	17,6 ± 0,7
0,11	6,00 ± 2,4	5,30 ± 0,9	5,70 ± 0,2
0,09	4,00 ± 1,8	3,00 ± 1,1	3,40 ± 0,3
0,08	2,00 ± 1,0	-	0,30 ± 0,2

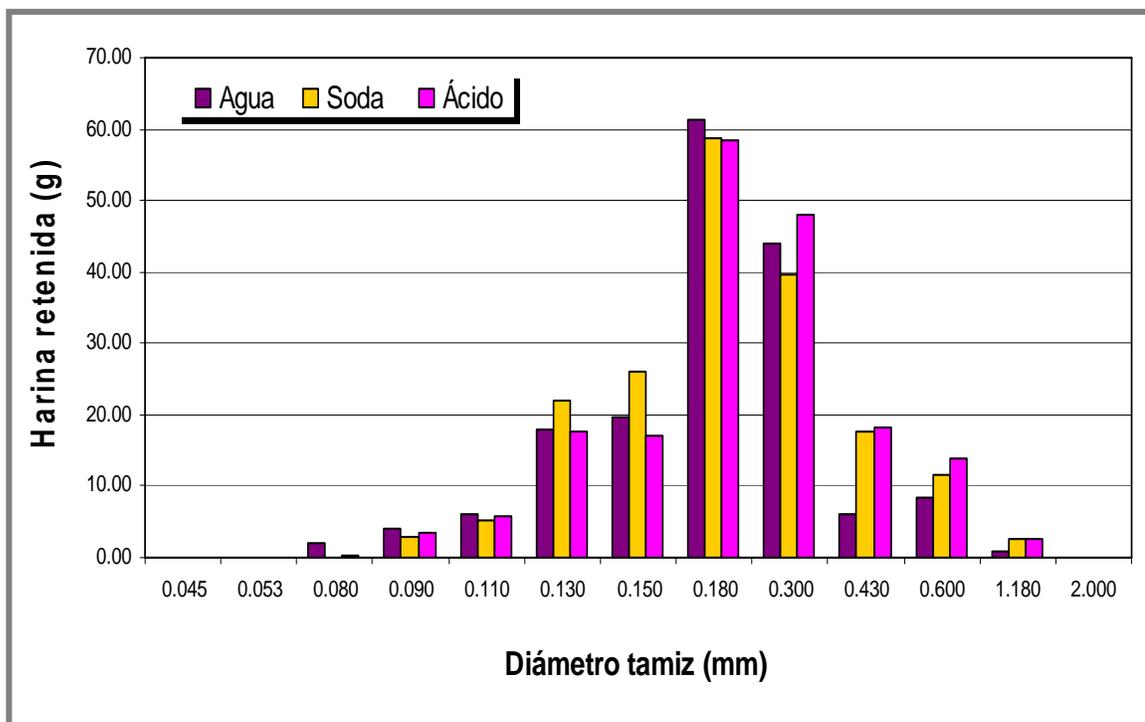


FIGURA 19 Resultados análisis granulométrico.

Cabe destacar que no existen datos acerca de la granulometría en harinas de *P. chilensis* en la literatura, es por esto que no se pudo realizar una comparación de los datos.

5. CONCLUSIONES

- La presente investigación, permitió demostrar que es posible obtener una harina uniforme de alta cantidad de proteína bruta y bajo contenido de fibra, a partir de cotiledones de algarrobo (*P. chilensis*).
- En relación a los rendimientos de cotiledón y harina se demostró que las semillas provenientes de la zona central fueron las que presentaron el mejor comportamiento.
- El pelado de semillas con ácido fue el que presentó los mejores resultados con respecto al pelado con agua y soda, sin embargo, éste fue el que obtuvo los menores contenidos de proteína.
- En cuanto al pelado con soda y ácido, éstos afectaron el color de las harinas, constituyendo un factor negativo al momento de escoger estos métodos; sin embargo la harina obtenida del pelado con agua caliente conservó el color amarillo característico de los cotiledones de *P. chilensis*.
- Al establecer la composición química de las harinas, se observó que aquellos productos de semillas peladas con agua caliente fueron las que obtuvieron los mayores contenidos de proteína, un bajo contenido en fibra y altos contenidos de grasa. Por otra parte, al contener mayoritariamente ácidos grasos insaturados son de gran interés para la industria alimentaria, ya sea en la elaboración de alimentos para seres humanos como para animales.

- Al caracterizar las harinas en relación al contenido de carotenos y fenoles, se obtuvo que las harinas peladas con agua caliente fueron las que tuvieron los mejores resultados, lo que lleva a considerarlas como una buena fuente de provitamina A e ingrediente importante como antioxidante en los alimentos.
- Ya sea como fuente proteica para alimentos de uso humano como para sustituir otras fuentes proteicas vegetales en alimentación animal (peces de cultivo), el alto contenido de proteína presente en la harina de *P. chilensis*, resulta beneficioso desde el punto de vista nutricional.

6. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, obtener una harina uniforme de alto contenido de proteína bruta y bajo contenido de fibra a partir de cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz). Se estudiaron frutos originarios de la zona central y norte chico de Chile. En el experimento se evaluaron seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, lo que dio un total de 18 ensayos. Se utilizó un diseño estadístico multifactorial categórico, con dos factores (zona y tipo de pelado) a distintos niveles. Se usaron tres repeticiones por tratamiento.

Las semillas, de ambas zonas, se sometieron a tres tipos de pelado para poder así establecer las mejores condiciones de obtención de los cotiledones. Éstas fueron pelado con agua, pelado con soda (0,5%p/v) y pelado con ácido (72% p/v), aplicando un tratamiento térmico de 70° C por 7 min para el agua y 70° C por 5 min para el pelado con soda y ácido.

De estos procesos, se obtuvieron 2 subproductos, además de los cotiledones, testa y mucílago. Al mucílago y los cotiledones, se les determinó su rendimiento.

De los cotiledones obtenidos, se elaboraron las harinas, a las que se les realizó un análisis proximal completo, se les determinó el contenido de carotenos totales, fenoles totales y por último se les realizó un análisis granulométrico.

La investigación determinó que los mayores rendimientos de cotiledón y harina se obtuvieron de las semillas provenientes de la zona central. Las harinas obtenidas del pelado con agua fueron las que presentaron los mayores contenidos de proteína (72,6% para la zona central y 72,7%) al igual que, los menores contenidos de fibra y los más altos contenidos de grasa.

SUMMARY

The principal goal of this work was the preparation of uniform *Prosopis chilensis* flour, with high protein content and low fiber content. Fruits from Central zone and Norte Chico from Chile were studied. In the experiment, six treatments were evaluated in triplicate with a total of eighteen assays. A categorical multifactor statistical design was used, with two factors (zone and peeling type) at different levels.

Seeds from both zones were peeled from three different ways in order to establish the better conditions to obtain cotyledons. These were, water, sodium hydroxide (0,5% w/v) and sulfuric acid (72% w/v), applying temperature of 70°C to water treatment for 7 min. and 70°C for 5 min. for NaOH and acid.

From these processes two sub-products were obtained cotyledons, testa and seed gum. Seed gum and cotyledons yield was measured.

Flours were prepared from cotyledons and a proximal analysis was carried out to them. Total carotene, total phenols and granulometry were determined.

The research determined that the higher cotyledon and flour yield corresponded to Central Zone seeds. Flour from water peeling contained the higher protein content (72,6% for Central Zone and 72,7% for Norte Chico Zone), the lower fiber content and the higher fat content.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AKIMAYA, D. 1991. The Use of Soy products and other Plant protein Supplemnts in Aquaculture Feeds. In: Proceedings of the Aquaculture Feed Processing and Nutrition Workshop, Bangkok, Thailand. 8p.
- ANRIQUE, R. 1995. FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA (FIA). Composición de alimento para Ganado en la zona sur. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 57p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1995. Official methods of analysis AOAC INTERNATIONAL. Ed. Patricio Cunniff, Sixteenth Edition. USA. Capítulo 4, pp. 4, 13, 25,28 y Capítulo 32, pp. 41.
- ASTUDILLO, L., SCHMEDA – HISCHMANN, G., HERRERA, J. y CORTÉS, M. 2000. Proximate composition and biological activity of Chilean *Prosopis* species. Joournal of the Food and Agricultura. 80: 567- 573.
- BADUI, S. 1999. Química de los alimentos. Ed. Alhambra Mexicana. México D. F. 648 p.
- BECKER, R y GROSJEAN, O. 1980. A compositional study of pods of two varieties of mesquite (*Prosopis glandulosa* y *Prosopis Velutina*). J. Food Chem. 28(1):22-25.

- BERNAL, I. 1993. Análisis de los Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias exactas, físicas y naturales. Colección Julio Carrizosa Valenzuela. Editorial Guadalupe. 313p.
- BIANCHI, E. 1994. Preparación de tintura, extracto blando, pomada o ungüento, jabón y otros productos a base de propóleos. Centro de Investigaciones Apícolas CEDIA. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 40p.
- BIANCHI, E. 1996. Preparación de derivados del propóleo. Centro de Investigaciones Apícolas CEDIA. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 12p.
- BUREL, C., BOUJARD, T., CORRAZE, G., KAUSSEK, S., BOUEF, G., MOL, K., VAN DER GEYTEN, S y KÜHN, E. 1998. Incorporation of high levels of extruded lupin in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): nutritional value and effect on thyroid status. *Aquaculture*. 163: 325-345.
- BUREL, C., BOUJARD, T., TULLI, F y KAUSSEK, S. 2000. Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Pesetta maxima*). *Aquaculture*. 188: 285-298.
- BURKART, A. 1976. A monograph of the Genus *Prosopis* (Leguminosae, Subfam. Mimosoideae). *J. Arnold Arb.* 57(3): 219-249.
- CAÑAS, R. 1998. Alimentación y nutrición animal. In: Nutrición y alimentación para peces. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Pp. 425-439.

- CARTER, C. y HAULER, R. 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, Salmon Salart, L. Aquaculture. 185:299-311.
- CHILE, CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). Disponible en: www.conaf.cl/ - 35k - 16 Oct 2005. Consultado el 20/10/05.
- CHILE, INSTITUTO FORESTAL DE CHILE (INFOR), 2004. Boletín estadístico N°101. 32p.
- CRUZ, G. 1998. Characterization and new food products from algarroba pods (*Prosopis pallida* and *Prosopis juliflora*). Fragment of G. Cruz dissertation "Production and Characterization of Prosopis Seed Galactomannan", ETH Zurich, 1999.
- DE LA HIGUERA, M., GARCÍA- GALLEGO, M., SANZ, A., CARDENOTE, G., SUÁREZ, M y MOYANO F. 1988. Evaluation of lupin meal as an alternative protein source in feedling of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. 71: 37-50.
- DE LYRA, M. 1982. Extraction of Algarrobe Seed, *Prosopis juliflora* (SW) D.C. Chemical Procedures. En: Algarroba. Conferencias e trabalhos apresentados no. I Simposio Brasileiro sobre Algarroba realizado em Natal- RN, no periodo de 05 a 07 de octubre. pp 331- 338.
- DEGUSSA ARGENTINA S.A. 2003. Composición aminoacídica de harina de cotiledón de *Prosopis chilensis*. Análisis de División Asistencia Técnica en nutrición animal. 1p.

- DEL VALLE, F., ESCOBEDO, M., MUÑOZ., M., ORTEGA, R. y BOURGES, H. 1983. Chemical and nutritional studies on mesquite beans (*Prosopis juliflora*). J. Food Sci. 48:914-919.
- DIAZ, C., GLIBOTA, G. y BRACHNA, D. 2002. Influencia de la temperatura sobre los azúcares totales, humedad y tiempo en el tostado de las harinas de algarrobo. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/c y t/2002/07-Tecnologicas/T-056.pdf>. Consultado el 12/01/05.
- ESCOBAR, B., ROMERO, M., BAEZA, G., SOTO, X. y VASQUEZ., M. 1987. Caracterización y composición química del fruto de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stunz). Rev. Chil. Nutr. 15:113-116.
- ESTÉVEZ, A., ESCOBAR, B. y UGARTE, V. 2000. Utilización de cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stunz) en la elaboración de barras de cereales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(2):148-151.
- ESTÉVEZ, A., SÁENZ, C., HURTADO, M., ESCOBAR, B., ESPINOZA, S. y SUÁREZ, C. 2004. Extraction methods and some physical properties of mesquite (*Prosopis chilensis* (Mol) Stunz) seed gum. J. Food Sci. 84:1487-1492.
- FELKER, P., GRADOS, N., CRUZ, G., y PROKOPIUK, D. 2002. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. Argentina. 12p.
- FENNEMA, 2000. Química de los alimentos. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1258p.

FIGUEIREDO, A. 1990. Mesquite: History, Composition, and Food Uses. *Food Tech.* 11:118 – 128.

FIGUEROLA, F. 2004. Investigaciones sobre alimento para peces. Disponible en: www.uach.cl/rrp/p/online/ver.php?not=3001. Consultado el 15/05/05.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2002. Autor William M. Ciesla. *Non-Wood Forest Products from Temperate Broad-Leaved Trees*. Roma. 137p

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1997. *Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina*. Serie: Zonas áridas y semiáridas N°12. 49p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1985. *Gums, resins and latexes of plant origin. Non – Word forest product*. Serie N°6. 47p.

FUENTES, C. 1998. *Elaboración de galletas con la incorporación de harina de cotiledón de algarrobo sometido a dos tratamientos térmicos*. Tesis. Ing. Agrónomo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 72p.

GOMEZ, E., CORRAZE, G y KASHIK, S. 1993. Effect of dietary incorporation of co- estruded plant protein (rapessed and peas) on growth, nutrient utilizarion and muscle fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Aquaculture*. 113: 339-353.

- HABIT, M., CONTRERAS, D. y GONZÁLEZ, R. 1981. *Prosopis tamarugo*: Arbusto forrajero para zonas áridas. Roma. FAO. 143p.
- HARDY, R. 1996. Alternate protein sources for salmon and trout diets. *Animal Feed Science and Technology*. 59: 71-80.
- HART, L. y FISCHER, H. 1984. *Análisis moderno de los alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 619p.
- HAVLIN, J; BEATON, J; TISDALE, S; y NELSON, W. 1999. *Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management*. Prentice Hall. Inglaterra. 499 p.
- HIGGS, D., McBRIDE, J., MARKERT, J., DOSANJH, B, PLOTNIKOFF, D. y CLARKE, C. 1982. Evaluation of tower and candle rapeseed (Canola) meal and bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) *Aquaculture*. 29: 1-31.
- HUGHES, S. 1998. Assesment of lupin flour as a diet ingredient for rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 93: 57-62.
- HURTADO, M., ESTÉVEZ, A., y SÁENZ ., C. 2002. Separación mecánica de las semillas de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.)Stunz) desde la vaina. III Simposio Internacional Sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Sonora, México. Pp 277- 281.

- KAUSHIK, S., CRAVEDI, J., SUMPTER, J., FAUCONNEAU, B y MAROCHE, M. 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potencial estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 133: 257-274.
- LOBOS, C. 2001. Cuestionamiento de la harina de pescado para la limentación animal. Área ecológica Política. Santiago. 28p.
- LOVELL, T. 1998. Nutrition and Feeding of Fish. Second Edition. Kluwer Academic Publishers. USA. 267p.
- MOHAMED, A. y RAYAS- DUARTE, P. 1995. Composition of Lupin albus. *Cereal Chemistry*. 72: 643-647.
- MONTENEGRO, G. 1984. Atlas de anatomía de especies vegetales autóctonas de la zona central. Ediciones Universidad Católica de Chile. 153p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1993. Nutrient requeriments of fish. National Academic Press, Washington, DC. 144p.
- NEUMARK, H. 1970. Disponible en: [http://www.fao.org/live stock/ag ap/fr g/afris/espanol/document/tfeed8/Data/376.htm](http://www.fao.org/live_stock/ag_ap/fr_g/afris/espanol/document/tfeed8/Data/376.htm). Consultado el 14/04/05.
- NWOKOLO, E. 1996. The need to increase consuption of pulses in the developing countries: 3-11. In: NWOKOLO, E. AND SMARTT, J. 1996. Food and Feed from legumes and oilseed. Chapmanand Hall. 419p.

- ORDEU, E y SCARPA, J. 1998. Análisis Químico del Vino. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago Chile. 253p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 1985. Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. 483p.
- PASIECZNIK, N., FELKER, P., HARRIS, P., HARSH, L., CRUZ, G., TEWARI, J., CADORET, K. y MALDONADO, L. 2001. The *Prosopis juliflora* – *Prosopis pallida* Complex: A Monograph. HDRA, ISBN De Coventry, Reino Unido. 170p.
- POLHILL, R. y RAVEN, P. 1981. Advances in Legume Systematic, Part 2. 1049p.
- PROKOPIUK, D., CRUZ, G., GRADOS, D., GARRO, O., y CHIRALT, A. 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis Alba* y *Prosopis Pallida*. *Multequina* 9:35-45.
- RAJARAM, N. y JANARDHANAN, K. 1991. Studies on the underexploited tree pulses, *Acacia catechu* Hill. *Parkinsonia aculeata* L. and *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz: chemical composition and antinutritional factors. *Food Chemistry*. 42: 265-273.
- RODRÍGUEZ, J. y CARDEMIL, L. 1994. Cell wall proteins in seedling cotyledons of *Prosopis chilensis*. *Phytochemistry*. 35(2): 281-286.
- SALUNKHE, D., KADAM, S. y CHAVAN, J. 1985. Postharvest biotechnology of food legumes. CRC press, Inc. California, United States. 160p.

- SERRA, M. 1997. En: Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N° 12. FAO/PNUD. Santiago. Chile. Pp.155-244.
- SITTE, P., ZIEGLER, H., EHRENDORFER, F. y BRESINSKY, A. 1994. Tratado de Botánica. Ediciones Omega. Barcelona. 1068p.
- SMITH, L. 1989. Fish Nutrition. En: Digestive functions in teleost fishes. Segunda Edición. Academic Press, San Diego. Pp. 331-421.
- STEEL y TORRIE. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda Edición. 622p.
- TODOROV, N., PAVLOV, D. y ROSTOV, K. 1996. Lupin. In: Legumes and Oilseeds in Nutrition. Chapman y Hall. Londres. 111-123pp.
- TRASKAUSKAS, C., GLIBOLA, G. y CAMPRUBI., G. 2001. El desarrollo de nuevos productos alimenticios en la economía regional Chaqueña. Facultad de Agroindustrias – UNNE. Argentina. Disponible en: www.unne.edu.ar/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-Indice.htm. Consultado el 01/04/05.
- UGARTE, V. 1994. Utilización del cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stunz) en la formulación de barras de cereales. Tesis Ing. Agrónomo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 80p.

- VÁSQUEZ, M., VALENZUELA, E. y CANALES, H. 1985. Un método para obtener mucílago se semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz). En: Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. Ed. Habit, M. Pp. 353- 356.
- VÁSQUEZ, M., ZACARIAS, I., ESCOBAR, B. y YÀNEZ, E. 1991. Calidad biológica de la proteína de los cotiledones de algarrobo tratadas por calor seco y calor húmedo. Alimentos. 16:5-8.
- VIJAYAKUMARI, K., SIDDHURAJU, P. y JANARDHANAN, K. 1997. Effect of domestic processing on the levels of certain antinutrient in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. Seed. Food Chem. 59: 367-371.
- YANEVICH, D., SÁNCHEZ, D., PROKOPIUK, D. y GLIBOTA, G. 2001. Avances en la determinación de la composición y nutricional de las harinas de los frutos del *Prosopis alba*. Facultad de agroindustrias-UNNE. 4pp.
- ZALDIVAR, J. 2003. La harina de pescado ante las regulaciones Europeas. Aquaculture. 81:44 - 45.
- ZANOTTI, J. 2001. Efecto del crecimiento, producción y salubridad de leguminosa con ascorbato de titanio y/o tierras en tres clases de suelo. Revista de Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay. 1(3): 57- 65.