

POSIBILIDADES DEL *LUPINUS MUTABILIS* Y *LUPINUS ALBUS* EN LOS PAISES ANDINOS

Rainer Gross y Erik von Baer

Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, c/o. Instituto de
Nutrición, Lima, Perú
Campo Experimental Gorbea, Gorbea, Chile

RESUMEN

El *Lupinus albus* y el *Lupinus mutabilis* pueden alcanzar importancia en los países andinos para aquellas regiones en las que el cultivo de soya no sea posible por razones ecológicas. Ambas variedades de lupino sobresalen por su elevado contenido de proteína y aceite. El contenido de alcaloides limita la utilización del lupino, pero las sustancias amargas pueden ser eliminadas por selección genética o mediante procesamiento tecnológico. Otra intoxicación, aparte de la producida por los alcaloides, es la lupinosis, causada por una micotoxina, enfermedad observada cuando los animales pastan forrajes que han sufrido un ataque secundario por hongos. Según los resultados obtenidos hasta la fecha no tienen importancia significativa otras sustancias antimetabólicas, presentes en las leguminosas. La harina de semilla de lupino es adecuada para el consumo animal, siendo empleada ya para este efecto en diferentes países. A partir del próximo año se proyecta utilizar para consumo humano *Lupinus mutabilis* como fuente de aceite en el Perú y *Lupinus albus* como harina proteica en Chile.

INTRODUCCION

Las leguminosas tendrán en el futuro un rol importante en el abastecimiento de alimentos en Sudamérica. Sus exigencias mínimas desde el punto de vista del abonamiento nitrogenado, y su alto rendimiento de proteína, y eventualmente de aceite, no tiene competencia en la agricultura. El frijol de soya ocupa, sin duda alguna, el primer lugar en lo que se refiere a su significancia agraria y nutricional. Hasta la fecha no se conoce ninguna otra planta que

Recibido: 27-1-76

Recibido manuscrito modificado: 12-8-77

pueda sustituir a la soya. Esto, sin embargo, sería precisamente de importancia para aquellos países, en los cuales el cultivo de soya no es factible por razones ecológicas. La promoción de la selección, cultivo, procesamiento y venta en el mercado del lupino leguminosa rica en aceite y proteína— podría contribuir a desarrollar en estos países una posibilidad de sustitución.

Los primeros resultados obtenidos en la selección y en el cultivo de *Lupinus mutabilis* en el Perú y de *Lupinus albus* en Chile (1, 2, 3) justifica que se fije la atención en las características fisiológico-nutricionales de ambas especies.

Tanto el agricultor del viejo como del nuevo mundo reconocieron rápidamente las ventajas del lupino. Theophrastus, Censorius, Columella, Plinius y Varro describen las ventajas agrarias de esta planta rústica, cuya semilla desamargada se utilizaba para consumo animal, encontrando también aplicación en el consumo humano (4, 5). El concentrado amargo se utilizaba con fines terapéuticos en el tratamiento de lombrices intestinales y deficiencias del metabolismo, y externamente en el tratamiento de numerosas enfermedades de la piel.

En el Sur de Italia se consumía no hace más de un siglo semilla de lupino en grandes cantidades, sobre todo en los estratos de más bajo poder adquisitivo, y aún en la actualidad el lupino es una importante fuente proteica para el consumo humano y animal en diferentes partes del mundo.

Mientras que en la cuenca del Mediterráneo se cultivaba y consumía *Lupinus albus* y *Lupinus termis*, pertenecientes ambas a la misma familia, el *Lupinus mutabilis* jugaba un rol importante en la alimentación del antiguo poblador andino (7). Relieves de la cultura Chavín (500 a.C. - 200 d.C.), semillas en las tumbas de la cultura Nazca (100 - 800 d.C.), así como representaciones sobre grandes vasijas de cerámica de la cultura Tiahuanaco (800 - 1000 d.C.) dan testimonio de su amplia extensión.

Con la creación del Imperio Inca esta planta alcanzó probablemente su último apogeo en los países andinos. Su extensión desde Venezuela hasta el Norte de Argentina y Chile lo confirma aún hoy en día (8,9). A pesar de la conquista española y las modificaciones que ésta trajo consigo en las costumbres de cultivo y de alimentación, aún en la actualidad se encuentran parcelas de *Lupinus mutabilis*, conocido bajo el nombre "chocho", "tarhui" o "tarwi", en alturas de 2.500 hasta más de 4.000 metros, o en forma silvestre en las orillas de caminos y también en los bordes de los campos de maíz, como protección contra el ganado. Estos cultivos por regla general no sobrepasan la media hectárea. El agricultor andino siembra a menudo el lupino sin previo abono en la secuencia papa - cebada - lupino.

2. COMPOSICION QUIMICA

La semilla de lupino impresiona por su alto contenido de proteína y aceite (Tabla 1). Ambas sustancias serán tratadas con mayor detalle más adelante. El contenido de casi el doble de fibra cruda en el *Lupinus albus* se explica por tener prácticamente el doble de cantidad de cáscara en su semilla. Las variedades "Huancayo 6" y "Huancayo 1" tienen una proporción de cáscara correspondiente al $8.9 \pm 0.6\%$ y $9.7 \pm 0.6\%$ respectivamente, mientras que en las variedades "Amiga" y "Astra" esta proporción asciende a $19.8 \pm 1.3\%$ y $18.7 \pm 1.2\%$ respectivamente.

Llama la atención el alto contenido de azúcares solubles en el frijol de lupino, especialmente en el *Lupinus mutabilis*, y el bajo contenido de almidón. Los carbohidratos del lupino se componen principalmente de pentosanos, azúcares solubles y pectinas (10,11).

2.1 Proteína

El *Lupinus mutabilis* posee el mayor contenido de proteína entre los lupinos de grano grande (12). La Tabla 2 proporciona información sobre el contenido de proteína de treinta muestras de lupino de las diferentes zonas del Perú. Según ésta, el contenido de proteína aumenta en los ecotipos del Norte. El contenido de proteína, sin embargo, varía considerablemente según las condiciones del medio ambiente (clima, suelo, tiempo de siembra, abono, etc.)

El contenido de proteína en seis diferentes muestras de semilla de *Lupinus albus* de la cosecha peruana de 1976 variaba de 30 a 35% (Tabla 3). El contenido de proteína de estas muestras es menor al de las muestras chilenas por razones ecológicas.

Con relación a la calificación del contenido de proteína del lupino se hace notar, sin embargo, que el lupino, al igual que otras leguminosas, contiene una mayor proporción de sustancias nitrogenadas no proteicas, razón por la cual la multiplicación del contenido de nitrógeno por 6.25 seguramente sobrevaloraría su contenido de proteína. El factor propuesto de 5.7 corresponde según nuestras observaciones al *Lupinus albus* (13). El factor para *Lupinus mutabilis* quizás sea aún menor, debido, probablemente, en parte al mayor contenido de alcaloides nitrogenados. Sin embargo, para una mejor comparación se continuará calculando con el factor de conversión 6.25 (14).

Las secuencias de aminoácidos que se desprenden de la Tabla 4, correspondientes a dos muestras de *Lupinus mutabilis* y *Lupinus albus*, muestran que los aminoácidos sulfurados son en primer lugar limitantes. Este cuadro, típico para proteínas de leguminosas, coincide con otros ensayos (13, 15, 16, 17).

TABLA 1
COMPOSICION QUIMICA DE DOS MUESTRAS DE *LUPINUS MUTABILIS* Y *LUPINUS ALBUS*
COSECHA 1976 (g/100 g MASA SECA)^a

	Lupinus mutabilis (amargo) Procedencia Perú		Lupinus albus (dulce) Procedencia Perú	
	"Huancayo 6"	"Huancayo 1"	"Amiga"	"Astra"
Proteína cruda (N x 6.25)	39.8	41.4	35.5	38.1
Extracto de éter	20.9	20.1	11.7	12.2
Ceniza cruda	4.1	3.6	3.7	3.7
Fibra cruda	6.6	6.5	12.4	10.5
Almidón	2.8	4.2	9.2	8.0
Azúcar total	8.9	8.7	7.0	7.4

^a Los ensayos fueron realizados por Abramowski, H. –Joseph-Koenig- Institut – LUFA, Landwirtschaftskammer, Westfalen-Lippe, República Federal de Alemania.

TABLA 2
CONTENIDO DE PROTEINA (N x 6.25) DE DIFERENTES
ECOTIPOS DE *LUPINUS MUTABILIS* PROCEDENTES DE 3
DIFERENTES REGIONES DEL PERU

Región	\bar{x}	s	Grado de variación
Norte	42.5	2.2	39.2 -- 45.1
Centro	41.4	2.0	37.7 -- 44.8
Sur	41.0	2.1	38.0 -- 45.9
Total	40.7	1.8	37.7 -- 45.9

\bar{x} = media

s = desviación standard

TABLA 3
CONTENIDO DE PROTEINA (N x 6.25) DE 3 VARIEDADES DE
***LUPINUS ALBUS* COSECHADAS EN CHILE Y PERU EN 1976**

Variedades	Chile	Perú
Multolupa	32.0	30.1
Astra	34.5	32.2
Amiga	34.9	31.4

La Tabla 5 describe el nivel de eficiencia proteica (PER) de *Lupinus mutabilis*, *Lupinus albus* y soya en diferentes mezclas y sometidas a tratamiento térmico. De ésto se desprende que la baja calidad de la proteína se debe a una fuerte deficiencia de metionina. Esta deficiencia puede subsanarse considerablemente adicionando DL-metionina o alguna semilla rica en aminoácidos sulfurados, como por ejemplo *Chenopodium quinua*. Otros ensayos en animales confirman también esta observación (11, 18, 19, 20).

La digestibilidad de la proteína *in vitro* de un 93 - 96% es bastante alta (Tabla 8). Estos datos coinciden con otro ensayo (13).

TABLA 4

SECUENCIA DE AMINOACIDOS DE 2 MUESTRAS DE *LUPINUS*
MUTABILIS Y *LUPINUS ALBUS*, COSECHA 1976 (g/16 g N)^a

	Lupinus mutabilis (amargo) Procedencia Perú		Lupinus albus (dulce) Procedencia Chile	
	"Huancayo 6"	"Huancayo 1"	"Amiga"	"Astra"
Metionina	0.8	0.7	0.8	0.8
Cistina	1.6	1.6	1.5	1.7
Lisina	4.9	4.9	4.3	4.5
Triptofano	0.9	1.2	1.2	1.1
Treonina	3.0	2.9	3.1	3.3
Valina	3.2	3.2	3.5	3.7
Isoleucina	3.8	3.8	3.8	4.1
Leucina	5.5	5.5	5.9	6.4
Fenilalanina	3.6	3.5	3.8	4.0
Tirosina	3.7	3.9	4.2	4.3
Arginina	7.9	8.7	9.4	9.6
Histidina	2.7	2.7	2.1	2.2
Acido Aspártico	7.6	7.6	8.2	8.9
Acido Glutámico	16.4	16.5	15.2	16.3
Serina	4.3	4.4	4.4	4.8
Glicina	3.0	2.7	2.9	2.9
Alanina	2.9	2.9	2.9	3.1
Prolina	3.3	3.3	3.6	3.6

^a Los análisis fueron realizados por Zucker, H., Instituto de Fisiología, Química Fisiológica y Fisiología de Nutrición, en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Munich.

2.2 Aceite

El *Lupinus mutabilis* y el *Lupinus albus* son las variedades de lupino cultivadas con el mayor contenido de aceite.

La Tabla 6 proporciona una relación sobre el contenido de aceite de diferentes ecotipos de *Lupinus mutabilis* del Perú. Según esta tabla, el contenido medio de aceite del *Lupinus mutabilis* asciende a 20%. Se hace notar, sin embargo, que no se trata aquí de variedades modernas sino de plantas no seleccionadas, las que al ser seleccionadas genéticamente podrían elevar su contenido de aceite hasta más de un 25%.

TABLA 5

NIVEL DE EFICIENCIA PROTEICA (PER) DE *LUPINUS MUTABILIS*, *LUPINUS ALBUS* Y SOYA EN DIFERENTES MEZCLAS Y DIFERENTE TRATAMIENTO TERMICO (46)

	PER %
Standard (95 partes caseínas + 5 partes metionina)	100.0
<i>Lupinus mutabilis</i> ^b (crudo)	37.1
<i>Lupinus albus</i> (crudo)	54.4
Soya (cruda)	67.3
<i>Lupinus mutabilis</i> ^b (autoclavado)	48.2
Soya (autoclavada)	105.6
<i>Lupinus mutabilis</i> ^b (crudo) + <i>Ch. quinoa</i> ^a	109.1
Soya (cruda) + <i>Ch. quinoa</i> ^a	71.7
<i>Lupinus mutabilis</i> ^b + 0.6% DL metionina	133.7
Soya + 0.6% DL metionina	99.8

^a Las mezclas fueron 60% proteína de leguminosa más 40% proteína de *Ch. quinoa*.

^b *Lupinus mutabilis* desamargado.

TABLA 6

CONTENIDO DE ACEITE DE DIFERENTES ECOTIPOS DE *LUPINUS MUTABILIS* DE 3 DIFERENTES REGIONES DEL PERU (g/100 g MASA SECA)

Región	\bar{x}	s	Grado de variación
Norte	18.2	1.2	17.1 – 20.5
Centro	19.7	1.4	16.9 – 23.1
Sur	19.9	1.5	17.6 – 22.4
Total	20.1	1.8	17.1 – 21.3

De la Tabla 6 se desprende, además, que el contenido de aceite en la semilla aumenta en relación inversa con el contenido de proteína de Norte hacia el Sur. Entre el contenido de aceite y de proteína existe una correlación negativa, que en treinta muestras peruanas equivalía $r = -0.61$. La planta de maduración más tardía del Norte es, por razones ecológicas, propensa a producir me-

nor contenido de aceite y mayor contenido de proteína en la semilla. La falta de maduración del *Lupinus mutabilis* en Europa probablemente sea también la causa del menor contenido de aceite en la semilla, descrito por varios autores, relacionado con una mayor desviación standard (12, 13, 21).

La composición del aceite de la semilla de *Lupinus mutabilis* es similar a la del aceite de maní, siendo el contenido de ácido linoleico aún mayor. Los valores indicados en la Tabla 7 coinciden ampliamente con otros ensayos (13, 16, 22). El aceite de *Lupinus mutabilis* se acerca, según las exigencias de la industria de procesamiento, bastante al "aceite ideal". La proporción del ácido linoleico debería ser, por razones fisiológico-nutricionales, mayor al 35%, no debiendo estar en lo posible presente el ácido linoléico inestable, por su peligro de rancidez (23).

TABLA 7

SECUENCIA DE LOS ACIDOS GRASOS DE CATORCE DIFERENTES MUESTRAS DE *LUPINUS MUTABILIS* VARIEDAD CUZCO, SIEMBRA CUZCO, PERU 1976, EN COMPARACION CON ACEITE DE MANI Y DE SOYA

	Aceite de Lupinos		Aceite de Maní (24)	Aceite de Soya (24)
	x	s		
C 16 : 0 (%)	13.7	0.7	7.0	0.4
C 18 : 0 (%)	3.4	0.9	2.8	10.4
C 18 : 1 (%)	52.0	2.4	60.4	13.0
C 18 : 2 (%)	28.5	2.6	21.7	51.0
C 18 : 3 (%)	1.6	0.2		7.0
C 20 : 0 (%)	0.6	< 0.1	3.8	2.4
C 22 : 0 (%)	0.5	< 0.1	2.5	

El aceite crudo de *Lupinus mutabilis* se caracteriza por los siguientes datos:

FFA (ácidos grasos libres exentos de ácido graso a base de ácido oleico)	0.74%
Refracción a los 40°C	54.00%
Índice de yodo (según Kaufmann)	92.80%
Índice de saponificación	190.00%
Índice de fosfátidos (calculados como P)	0.047%
El contenido de aceite de <i>Lupinus albus</i> bajo las condiciones	

de crecimiento en el Perú asciende solamente a 10.5 y 12.1%, mientras que en Chile llega hasta un 13.1%. El contenido de aceite relativamente bajo no hace rentable la utilización de *Lupinus albus* como fuente oleaginosa. Las metas son, sin embargo, seleccionar líneas de *Lupinus albus* con contenidos de aceite más altos.

2.3 Factores tóxicos y antimetabólicos

2.3.1 Alcaloides

El alto contenido de alcaloides del grupo de quinolizidina en la semilla de lupino limita la utilización de esta planta para el consumo animal y humano.

Estudios intraperitoneales en cobayos han demostrado, que la lupanina es el alcaloide más tóxico, oscilando la dosis letal de 22 a 25 mg/kg de peso (31). La toxicidad disminuye en forma progresiva en la secuencia de esparteína, lupinina, hidroxilupanina. Según otro ensayo, la sensibilidad a la lupanina disminuye en animales de laboratorios en la secuencia ratón, rata, cobayo, siendo la dosis letal para el cobayo de 200 a 300 mg/kg de peso (32). La toxicidad *per os* de la esparteína es veinte veces menor que intravenosa (33). La mayor parte de los alcaloides no son reabsorbidos sino eliminados con los excrementos. La totalidad del resto se elimina prácticamente sin variación alguna por la orina. Sólo una parte mínima es transformada por enzimas del hígado. Por lo expuesto se asume, que el hombre puede consumir hasta 2.5 kg de semilla de lupino con un contenido total de alcaloides de menos a 0.1% por día, sin sufrir daño alguno (13). Al consumir un grupo de adultos diariamente un promedio de 60 g de *Lupinus albus*, con un contenido de alcaloides de 0.02%, a lo largo de un mes, no se produjeron alteraciones en la sangre o en la reacción psicomotora (34). Puesto que con una concentración del 0.1% se siente aún claramente el sabor de los principios amargos, se puede partir de la base de que es muy difícil que se produzca una lesión por alcaloides en una persona sana. Se han observado intoxicaciones por alcaloides de lupino en el ser humano después del consumo de lupino amargo (35). Las toxinas actúan como veneno en el sistema nervioso, ocasionando malestar, náuseas, midriasis, parálisis del sistema respiratorio conjuntamente con trastornos de la vista, del sentido del equilibrio, diaforé-sis, estado de debilidad progresivo hasta coma.

En diferentes países se utiliza la esparteína, por su inocuidad desde el punto de vista farmacéutico, aprovechando su efecto sobre la musculatura lisa (36, 37) cardíaca y uterina.

Para el aprovechamiento del lupino en el consumo humano es necesario reducir el contenido de alcaloides en su material de origen en un 99%. Esta reducción puede lograrse por dos caminos:

1. por selección genética;
2. por procesamiento tecnológico.

La reducción del contenido de alcaloides del lupino por selección genética ya fue reportada por Baur, en base a sus descubrimientos sobre la mutabilidad de los genes y la ley de las series homólogas (10). Von Sengbusch fue el primero en lograr en los años 1928 - 1929 la selección de algunas plantas de *Lupinus luteus* y *Lupinus angustifolius* con bajo contenido de alcaloides con ayuda de una extensa investigación cualitativa de alcaloides (38). En 1930 siguieron líneas de *Lupinus albus* con bajo contenido de alcaloides, lográndose reducir el contenido de principios amargos de 1.7% a 0.016 - 0.26% (12). Con la selección del lupino dulce el cultivo de esta planta logró abrirse paso nuevamente en este siglo (39, 40). Con excepción de Australia, el cultivo de lupino en el mundo en estos últimos tiempos ha permanecido constante en algunas partes, habiendo bajado en otras (41).

También se está tratando de reducir mediante selección genética el contenido de alcaloides de *Lupinus mutabilis*. Von Sengbusch fue el primero en lograr algunas mutantes de bajo contenido de principios amargos con una incidencia de $1/10^6$ (38). Lamentablemente estas mutantes se perdieron por su madurez tardía (42). Otros seleccionadores informan sobre la reducción del contenido de alcaloides de *Lupinus mutabilis*, provocando una mutación artificial mediante la aplicación de rayos (43, 44). A pesar de los logros obtenidos no se ha informado sobre la continuación de estas investigaciones. Sólo recientemente ha sido posible obtener nuevamente selecciones de *Lupinus mutabilis* con bajo contenido de alcaloides (45). El contenido de alcaloides de estas formas solamente representa un 10% del contenido del material de origen, habiendo quedado suprimidos la mayoría de los alcaloides.

Existen tres posibilidades para el desamargado por procesamiento tecnológico. Como se ha mencionado al inicio del presente artículo, desde hace siglos los pueblos del viejo y nuevo mundo utilizan la solubilidad de los alcaloides en agua. La cocción previa ocasiona una reducción de la pérdida de proteína y una elevación de la calidad proteica (11,46). En Alemania se desarrollaron en el siglo XIX diferentes métodos para el desamargado de granos de lupino (4). La mayoría de los procedimientos se asemeja: primero se remoja la semilla en agua con sal o ácido sulfúrico, a continuación se neutraliza y remoja en agua. El tratamiento con ácido evita la pérdida de proteína al aproximarse al punto isoeléctrico de la proteína de lupino (47). Por otra parte, se logra un desamargado más rápido, puesto que los alcaloides se transforman en sal con el ácido (48). Estos procesos, sin embargo, eran demasiado costosos, siendo asimismo muy alta la pérdida de sólidos (49). En Chile se desarrolló un procedimiento de lavado de la semilla de Lupino en

agua caliente acidificada. Mediante este procedimiento se eliminan sabores negativos de la semilla de bajo contenido de alcaloides, los que se encuentran en todas las leguminosas, reduciendo el contenido de alcaloides en un 50% adicional. La harina se caracteriza por su sabor neutral, dando buenos resultados sobre todo en productos de panificación y pastas (50).

El procesamiento conocido para la producción de aislados proteicos de soya también puede ser aplicado para el lupino (51). Mediante este procesamiento también se puede desamargar la semilla de *Lupinus mutabilis*, lo cual ya ha sido confirmado a nivel de laboratorio (52).

Otra posibilidad de desamargado por extracción de los alcaloides se ofrece mediante la utilización de etanol acidificado en un 80 - 85%. En este procesamiento se desamarga la torta después de una extracción de hexano para la producción de aceite mediante una segunda extracción de alcohol. Así se obtiene un concentrado con aproximadamente 70% de proteínas. Este sistema de desamargado ya fue patentado en 1919. Procesamiento Thomas— (49) y es utilizado en la tecnología de la soya para la producción de concentrado proteico (53, 54). Los alcaloides en el aceite pueden ser eliminados fácilmente mediante un lavado de agua acidificada en el transcurso de la refinación.

En base a este método entrará en servicio una planta piloto en el Perú a mediados de 1978, que procesará aproximadamente 6500 t de semilla de lupino. Se piensa utilizar el concentrado protéico para el consumo humano.

El tercer método de desamargado se basa en la transformación de los alcaloides en componentes liposolubles mediante la gasicación con óxido de etileno (49). En la subsiguiente extracción de aceite con hexano los alcaloides pasan a la fase de lípidos y pueden ser eliminados fácilmente. El aceite no sufre alteración en su calidad. La torta tiene un contenido de alcaloides máximo de 0,04%. Este procesamiento de menor costo y más elegante tiene, sin embargo, la desventaja de que el óxido de etileno es sumamente tóxico y explosivo.

2.3.2 Lupinosis

Otra intoxicación típica producida por el lupino es la lupinosis, que es ocasionada por una hepatotoxina (55). Esta toxina fue descrita por primera vez en la segunda mitad del siglo pasado en el ganado de pastoreo (4). Los síntomas de la lupinosis varían bastante, ocasionando confusiones. Mientras que en Europa la enfermedad se desarrolla después de pastar en terrenos con lupino en forma generalmente repentina y aguda, la intoxicación en Australia más bien parece ser de naturaleza lenta y crónica (56). Una carac-

terística predominante de la sintomatología es la asociación con trastornos del metabolismo de microelementos, especialmente del cobre (57, 58, 59, 60). Durante largo tiempo se relacionó la lupinosis con el contenido de alcaloides en las plantas (61). Sin embargo, la lupinosis también se presentaba después del pastoreo de lupino dulce (62). Estudios histopatológicos confirmaron, que las lesiones hepáticas que se presentaban no eran ocasionadas por los alcaloides (63). Las lesiones hepáticas son evidenciadas por una elevación pronunciada en el suero de los niveles de bilirrubina y SGOT (64, 65).

Las micotoxinas, producidas por una contaminación secundaria de la planta, son las causantes de la lupinosis (66). El hongo responsable de esto fue identificado como **Phomopsis leptostromiformis** (67). La fungosis secundaria fue observada principalmente en el tallo y ocasionalmente en las hojas. Hasta la fecha no se ha descrito fungosis en la semilla (64).

Aún no se dispone de informes sobre lupinosis a consecuencia de la utilización del **Lupinus albus** dulce como forraje en Chile o a consecuencia del pastoreo de **Lupinus mutabilis** amargo y semi-amargo en la zona del lago Titicaca.

2.3.3 Otros componentes tóxicos

El valor nutritivo de las proteínas no está determinado solamente por su secuencia de aminoácidos sino también por la presencia de factores antinutritivos e inhibidores del crecimiento, los que están presentes en gran variedad en las proteínas de leguminosas (68, 69). De acuerdo a estudios químicos efectuados hasta la fecha, el lupino, al parecer, no posee inhibidores de proteasas y hemaglutininas (70, 71). Como se desprende de la Tabla 5, el calentamiento de la proteína de lupino puede mejorar su calidad, aunque en menor grado de lo que sucede con la soya. La optimización de la calidad proteica del grano de lupino a través de un proceso térmico de micronización fue confirmada en otro trabajo (72). El mejoramiento de la proteína por el procesamiento térmico en relación al contenido de sustancias antimetabólicas no tiene significancia. Por esta razón dichas sustancias, en caso de estar presentes, no tienen mayor importancia (11, 46). Por consiguiente, se debe buscar la causa de la inhibición del crecimiento de la proteína de lupino en su deficiencia de aminoácidos sulfurados (11, 18, 19, 20, 46). Además, el contenido de factores que inducen flatulencias, especialmente oligosacáridos, es reducido (70). Sin embargo, hasta la fecha aún no se han estudiado otros factores antimetabólicos, como saponinas, cianógenos, bociógenos, favismo y factores de latirismo, antivitaminas, factores que fijan metales o que actúan sobre el metabolismo hormonal. Sin duda alguna, será necesario prestar

mayor atención al grupo de sustancias que pueden tener efectos negativos en el metabolismo.

Finalmente se desea señalar, que aún no se conoce ningún reporte, en que el consumo de semilla de lupino desamargada, ya sea por procesamiento tecnológico o por selección genética, haya originado problemas de intoxicación (73). Incluso después de un test toxicológico con ratas, que abarcó cuatro generaciones, no se pudo comprobar lesiones histopatológicas o de reproducción (74).

3. ALIMENTACION ANIMAL

Se cuenta con amplias experiencias sobre la utilización del lupino como forraje, ensilado y sobre el aprovechamiento de su semilla como componente de alimentos para consumo animal. En Alemania se realizaron, hasta fines de la segunda guerra mundial, extensos estudios de alimentación con semilla de lupino con cerdos, vacunos, ovejas, caballos, pollos, palomas, conejos y peces (10, 75). El alto contenido proteico y calórico, conjuntamente con la alta digestibilidad de las sustancias nutritivas en todos los animales estudiados, posibilita la amplia utilización del lupino dulce en la alimentación animal. Sólo la digestibilidad de los carbohidratos, que carecen de fibra cruda, es muy baja en las aves. Se puede adicionar más de la mitad de lupino a los alimentos, sin que se originen retrasos en el crecimiento. También la cáscara de la semilla, sobrante en la elaboración del grano para la utilización en el consumo humano, es un alimento valioso para los poligástricos, por la elevada digestibilidad de la fibra cruda y las sustancias del extracto no nitrogenado. Ensayos de alimentación animal, realizados a mediados de los años 50 a 60 en Sudáfrica, comprobaron los resultados obtenidos en Alemania (76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84). En esta oportunidad se sugirió reemplazar las fuentes proteicas de alto costo, como la harina de pescado, por lo menos parcialmente, por proteína de lupino, que es de menor costo, pudiéndose adicionar incluso una proporción reducida de semilla de lupino amargo, sin que ésto repercuta negativamente en el engorde. Según un estudio ulterior se puede utilizar el *Lupinus albus* como única fuente proteica en el segundo período de engorde, sin que se presenten pérdidas de rendimiento en comparación con la ración standard (85). En el primer período de engorde no se puede prescindir del todo de la harina de pescado, debido a que el contenido de aminoácidos sulfurados del lupino es demasiado bajo para cubrir las necesidades. También las diversas experiencias australianas hacen recomendable la utilización del lupino en la alimentación animal (56, 64, 73).

En los últimos tiempos se han realizado diversos estudios sobre la utilización de la harina de lupino para consumo animal (86,

87, 88, 98). Los primeros productos de lupino fueron comercializados en base a estos resultados, empleándose *Lupinus albus* como alimento de terneros, en reemplazo de la leche de vaca, y como concentrado para terneros y broilers.

4. ALIMENTACION HUMANA

Como se ha mencionado anteriormente, el *Lupinus albus* y *Lupinus mutabilis* son utilizados desde hace siglos en la alimentación humana. El poblador andino consume, incluso en la actualidad, los granos desamargados y descascarados de *Lupinus mutabilis* como mote, preparado como ensalada con cebollas o con ají como salsa, en sopas y purés (16, 90). El complicado procesamiento de desamargado conjuntamente con una elevada pérdida de sólidos y proteína del grano impedía, sin embargo, una extensión más amplia más allá de las zonas rurales marginales.

Con el fin de hallar amplia aceptación del *Lupinus mutabilis* para consumo humano como fuente de aceite y proteína, será necesario trabajar con un procesamiento tecnológico garantizado a escala industrial, que permita la elaboración de un producto standard de alta calidad.

La Tabla 8 proporciona una relación sobre algunos componentes de harinas de lupino, destinadas para el consumo humano. Los concentrados proteicos de *Lupinus mutabilis* fueron desamargados mediante un lavado con alcohol después de la extracción convencional de aceite mediante hexano; ambos se diferencian únicamente en la concentración del alcohol en la sustancia solvente. A pesar del tratamiento con alcohol se mantiene la elevada digestibilidad *in vitro* de la proteína en amplio grado. La relación calcio-fósforo se ha desplazado desfavorablemente por la eliminación del calcio en el lavado, por lo que se recomienda enriquecer la harina ya sea con calcio o adicionar esta harina a productos crudos ricos en calcio. Las vitaminas liposolubles quedan naturalmente eliminadas, como por ejemplo la provitamina A, en los dos procesos de extracción con hexano y alcohol. También quedan eliminadas parcialmente diversas vitaminas hidrosolubles por el tratamiento con alcohol. Únicamente la riboflavina permanece en gran parte intacta.

El concentrado de proteína, según las experiencias obtenidas hasta la fecha, es muy apropiado para la fortificación de productos de panificación y pastas, así como para todos aquellos productos, en los cuales se utiliza soya. Sin embargo, aún será necesario realizar extensos estudios y ensayos en animales para obtener información amplia sobre las posibilidades de utilización de este concentrado.

Más adelantados están los trabajos para la introducción de

TABLA 8

RELACION DE ALGUNOS COMPONENTES DE HARINAS DESAMARGADAS DE
LUPINUS MUTABILIS Y *LUPINUS ALBUS*

	Lupinus mutabilis		Lupinus albus	
	“Concentrado Proteico 1”	“Concentrado Proteico 2”	“Vitarina 1”	“Vitarina 2”
Proteína (N x 6.26)	67.1	66.8	39.8	39.4
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	93	93	96	94
Calcio (mg/100 g)	92	93	230	241
Fósforo (mg/100 g)	804	800	358	333
Sodio (mg/100 g)	< 20	< 20	25	71
Potasio (mg/100 g)	1680	1680	956	923
Magnesio (mg/100 g)	407	368	142	132
Cloruro de colina (mg/100 g)	4.4	3.9	32.6	31.2
Niacina (mg/100 g)	0.07	0.09	2.5	2.0
Ca-d-Pantotenato (mg/100 g)	0.01	0.01	0.7	0.7
Vitamina B2 (mg/100 g)	0.4	0.5	0.2	0.2
Actividad vitamínica B12 con <i>L. leich maunii</i> según USP XIX referido a cianocobalamina (mg/100 g)	< 0.008	< 0.008	< 0.008	< 0.008
Caroteno (ppm)	< 0.2	< 0.2	4.45	4.64
Xantofila (ppm)	< 0.3	< 0.3	0.43	0.35

Lupinus albus en el consumo humano. Según amplias investigaciones en seres humanos, que confirmaron la elevada digestibilidad de las sustancias nutritivas del lupino (91), especialmente de su concentrado proteico, el lupino fue consumido en gran escala en Alemania durante la segunda guerra mundial(75). Extensos estudios con animales (92) e investigaciones con seres humanos (93), que se están realizando en Chile, confirman hasta la fecha la alta calidad de la harina de **Lupinus albus** por sus aspectos nutricional-fisiológico, técnico y organoléptico. La Tabla 8 proporciona asimismo información sobre algunos componentes de dos harinas de **Lupinus albus**. El gran contenido de proteína, conjuntamente con la elevada digestibilidad *in vitro*, hacen de la harina una valiosa fuente proteica. La relación fósforo/calcio/magnesio es favorable; existe gran cantidad de vitaminas hidro y liposolubles. También el contenido calórico es bastante elevado, debido a la alta proporción de grasas (aproximadamente 15%). El contenido de grasa ocasiona problemas en la elaboración, molienda y almacenamiento. Estos problemas, sin embargo, pueden ser controlados al igual como en otras harinas integrales, como por ejemplo la harina de soya.

La harina de **Lupinus albus** tiene un intenso color amarillo, que proviene del alto contenido de xantofila. Desde el punto de vista nutricional-fisiológico la mezcla con cereales, de bajo contenido de lisina, es apropiada para mejorar en productos de panificación y pastas no solamente el contenido sino también la calidad de proteína, sin originar por ello problemas de aceptabilidad (34, 50, 94, 95, 96, 97, 98). La gama de posibilidades de empleo de la harina de **Lupinus albus** es muy extensa (50, 99). Cierta sabor negativo, propio de todas las leguminosas, puede ser eliminado totalmente mediante un procesamiento térmico.

Las amplias posibilidades de utilización del lupino en la alimentación animal y humana, y los buenos resultados obtenidos en condiciones de clima y suelo desfavorables para otras oleaginosas, ofrecen nuevas perspectivas de explotación agraria, sobre todo en la región andina. El cultivo del lupino representa, justamente para el minifundista, a quien corresponde un rol marginal en las condiciones socio-económicas actuales, una nueva fuente de ingreso.

SUMMARY

Possibilities of *Lupinus mutabilis* and *Lupinus albus* in the andean countries

Lupinus albus and **Lupinus mutabilis** may achieve importance among the andean countries in which soy bean can not grow due to ecological reasons. Both lupin varieties are outstanding because of their high protein and oil content. Its alkaloid content limits the lupins usage; however the bitter

substances can be eliminated by means of genetic selection or technological processing.

Beside the intoxication caused by alkaloids exists the lupinosis, which is caused by a micotoxin. This disease can be observed when animals pasture forages which suffered under a secondary attack of fungus. According to the results obtained up to date other antimetabolic substances present in the legums have no significant importance. The lupin seed flour is adequate for animal consumption, being used for this effect in different countries. Starting next year there exist the projects of employing *Lupinus mutabilis* as an oil source in Peru and *Lupinus albus* as proteic flour in Chile.

BIBLIOGRAFIA

1. Baer, E. von. El lupino dulce. *Rev. Simiente*: 20-24, 1971.
2. Baer, E. von. Suesslupinenanbau in Suedchile. *Landwirt im Ausland*, 6 (4): 82-83, 1972.
3. Baer, E. von. Lupinen in den Entwicklungslaendern. *Entwickl. u. Laendl. Raum*, 9 (4): 20-22, 1975.
4. Kette, W. *Die Lupine als Feldfrucht*. Berlin, Parey Verlag, 8. Ed., 1877.
5. Michaelis, H. Zur Geschichte der Lupine. *Ber. Deutsch. Pharm. Ges.*: 518-530, 1919.
6. Grindley, D.N. y A.A. Akour. The seed oils of *Bombax sessile* and *Lupinus termis*. *J. Sci. Food. Agric.*, 6: 461, 1955.
7. Gross, R. y Baer, E. von. Eiweissproduktion, aber wie? *Umschau* 76 (10): 305-308, 1976.
8. Hackbarth, J. Die Genzentren der Gattung *Lupinus* in der Neuen Welt und ihre Bedeutung fuer die Zuechtung. *Z. Pflanzenzuechtung*, 46: 254-264, 1961.
9. Bruecher, H. Die genetischen Reserven Suedamerikas fuer die Kulturpflanzenzuechtung. *Theoret. Appl. Genetics*, 38: 9-22, 1968.
10. Mangold, E. Die Ernahrungsphysiologischen Eigenschaften der Suesslupine. *Sitz. ber. d. deutsch. Akad. d. Wiss.*, Berlin, Akademie-Verlag, 1950. p. 1-46.
11. Hove, E.L. Composition and Protein Quality of Sweet Lupin Seed. *J. Sci. Food Agr.*, 25: 851-859, 1974.
12. Hackbarth, J. y J.-J. Troll. "Lupinen als Koernerleguminosen und Futterpflanzen". En: Kappert, H. y R. Rudof ed. *Handbuch der Pflanzenzuechtung*. 2. Ed., Tomo IV, Berlin y Hamburgo, Paul Parey Verlag, 1959, pp. 1-51.
13. Hudson, B.J.F., J.G. Fleetwood y A. Zand-Moghpadam. Lupin: an arable food crop for temperate climates. *Plant foods f. men* 2: 81-90, 1976.
14. PAG Statement (No. 22). On upgrading human nutrition through improvement of food legumes. *PAG Bulletin*, III (20): 1-24, 1973.

15. Lehmann, G., P. Martinod y M. Moran. Die Lupine. *Ernaehr. Umschau* 21 (7): 210-212, 1974.
16. Gross, R. y E. v. Baer. Die Lupine, ein Beitrag zur Nahrungsversorgung in den Anden. I. *Z. Ernaehrungswiss.*, 14: 224-228, 1975.
17. Swart, L.G. Lupins in Laying Rations. *Farming in S. Africa*: 404-406, 1955.
18. Martinod, M.S. Evaluación de proteínas en alimentos vegetales ecuatorianos. *Rev. Ecuat. d. Med.*, II (4): 199-205, 1964.
19. Tannous, R.I., S. Shadarevian y J.W. Cowan. Rat Studies on Quality of Protein and Growth-Inhibiting Action of Alkaloids of Lupine. *J. Nutr.*, 94: 161-165, 1968.
20. Tannous, R. y J. Cowan. "Nutritive Value of Lupine Protein. Physiology and Biochemistry of Food Components". En: *Proceedings of the 7th International Congress of Nutrition*, Hamburgo, 1966. Pergamon Press, 1967, Tomo 5. pp.272-276.
21. Maissuryan, N.A. y A.I. Atabekova. (*Lupino*). Moscú, Kolos, 1974.
22. Eckardt, W.R. y W. Feldheim. Lupinen, eine neue Oelfrucht fuer Suedamerika? *Z. Lebensm. Unters-Forsch.*, 155: 92-93, 1974.
23. Roebbelen, G.W., J. Schoen y W. Thies. Ziele und Wege landwirtschaftlicher Pflanzenzuechtung zur Verbesserung des ernaehrungsphysiologischen Wertes pflanzlicher Nahrungs- und Genussmittel. *Ber. ue. Landw.*, 54 (1): 9-37, 1976.
24. Lang, K. *Biochemie der Ernaehrung*. Darmstadt. Dietrich Steinkopff Verlag 1974, 3. Tomo. p. 30.
25. Galinovskiy, F. Lupinen-Alkaloide und verwandte Verbindungen. *Fortschr. Chem. org. Naturstoffe*, 8: 245-277, 1951.
26. Leonard, N.J. Lupin Alkaloids, En: R.H.F. Manske y H.L. Holmes. Vol. III. Tomo 19, Academic Press, New York, 1953.
27. Cho, Y.D. y R.O. Martin. Resolution and Unambiguous Identification of Microgram Amounts of 22 Lupin Alkaloids by Sequential use of Thin-Layer and Gas-Liquid Chromatography and Mass Spectrometry. *Anal. Biochem.*, 44: 49-57, 1971.
28. Nowacki, E.K. y G. R. Waller. Use of the metabolic grid to explain the metabolism of Quinolizidine Alkaloids in Leguminosae. *Phytochem.*, 14: 165-171. 1975.
29. Nowacki, E.K. y F.R. Waller. Metabolism of L-Sparteine, DL-Lupanine and L-Thermopsine in Species of Leguminosae. *Phytochem.*, 14: 161-164, 1975.
30. Nowacki, E.K. y G.R. Waller. Comparative Biosynthesis of Quinolizidine Alkaloids from DL-Lysine in Five Species of Leguminosae. *Phytochem.*, 14: 155-159, 1975.
31. Couch, J.F. Relative toxicity of lupine alkaloids. *J. agric. Res.*, 32: 51-67, 1926.

32. Gordon, W.C. y J.H.M. Henderson. The alkaloidal content of blue lupine (*Lupinus angustifolius* L.) and its toxicity on small laboratory animals. *J. Agr. Sci.*, **41**: 141-145, 1951.
33. Nowacki, E. y S. Wezyk. (Preliminary research on lupin alkaloids toxicity for rabbit organism). *Roczniki Novk Rolniczych*, **75-B**: 385-399, 1960.
34. Gross, R., E. Morales, U. Gross y E.v.Baer, Die Lupine, ein Beitrag zur Nahrungsversorgung in den Anden. 3. *Z. Ernahrungswiss.*, **15**: 391-395, 1976.
35. Schmidlin-Meszaros, J. Eine Nahrungsmittelvergiftung mit Lupinenbohnen. *Mitt. aus dem Gebiet d. Lebensm.-Unters. u. Hyg.*, **64**: 194-205, 1973.
36. Wolffenstein, R. y J. Reitmann. Zur Kenntnis des Sparteins. *Biochem. Z.*, **269**: 169-277, 1927.
37. Ligon, W. Die Wirkung von Lupinen-Alkaloiden auf die Motilitaet des isolierten Kaninchenuterus. *J. Pharm. exp. Therapeut.*, **73**: 151, 1941 (Original no consultado; compendiado en *Chem. Zb1.*, **11**: 1560, 1943).
38. Sengbuch, R. v. Suesslupinen und Oellupinen. *Landw. Jahrb.*, **91**: 723-880, 1942.
39. Hackbarth, J. Arbeiten an Lupinen in Westeuropa und Uebersee. *Wiss. Z.d. Karl-Marx-Univ. Leipzig*, **13(4)**: 691-695, 1964.
40. Hackbarth, J. Anbau und Zuechtung der Suesslupinen in verschiedenen Laendern. *Saatgut-Wirtschaft*, **1**: 7-9; **2**: 38-40, 1957.
41. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Production Yearbook 1975*. Roma, 1976.
42. Hackbarth, J. y K. W. Pakendorf. *Lupinus mutabilis* Sweet, eine Kulturpflanze der Zukunft *Z. Pflanzenzuechtung*, **63**: 237-245, 1970.
43. Bruecher, H. Neutron induced low-alkaloid mutations in autochthonous species of *Lupinus* from South America. *Plant Breed, Abs.*, **41 (1)**: 14, 1971.
44. Pakendorf, K.W. Studies on the Use of Mutagenic Agents in *Lupinus* II. *Z. Pflanzenzuechung.*, **72**: 152-159, 1974.
45. Baer, E.v. y R. Gross. Auslese bitterstoffarmer Formen von *L. mutabilis*. *Z. f. Pflanzenzuechtung*, **79**: 52-58, 1977.
46. Ortiz, C., R. Gross y E.v. Baer. Die Lupine, ein Beitrag zur Nahrungsversorgung in den Anden. 2. Die Proteinqualitaet von *L. mutabilis* im Vergleich zu *L. albus*, *L. luteus* und *Soja max.* *Z. Ernahrungswiss.*, **14**: 230-234, 1975.
47. Junge, I. Estudio de Factibilidad Técnica y Económica de un Centro de Tecnologías Agroindustriales. Univ. Concepción, Chile, 1973.
48. Ehrhardt, E. Die Arzneimittel. En: Winnacker y Kuechler. *Che. Technologie IV*. 2. Tomo, 1966. p. 601-606, 1041-1043.

49. Hentrich, W. y F. Hoermann. Ein neues Verfahren zur Lupinent-bitterung. *Chem.-Zeitg.*, **59** (61): 621-623, 1935.
50. Gross, U., J. Reyes, R. Gross y E. v. Baer. Die Lupine, ein Beitrag zur Nahrungsversorgung in den Anden 4. Die Akzeptabilitaet des Mehles von *Lupinus albus*. *Z. Ernaehrungswiss.*, **15**: 396-402, 1976.
51. Ruiz, L.P. y E.L. Hove. Conditions Affecting Production of a Protein Isolate from Lupin Seed Kernels. *J. Sci. Food Agr.*, **27** (7) 667-674, 1976.
52. Bruese, M. Untersuchungen ueber den Schnelldachweis von Alkaloiden in Lupinenprotein. Tesis Institut fuer Ernaehrungswissenschaften I. Justus-Liebig-Universitaet Giessen, 1976.
53. Hanson, L.P. **Vegetable Protein Processing**. Food Techn. Rev. No. 16 Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Yersey 1974, p. 108-110, 113-115.
54. Eldridge, A.C. Organic Solvent Treatment of Soybeans and Soybean Fractions. En: Smith, A.K. y S.J. Circle. **Soybeans: Chemistry and Technology, Volume 1. Proteins**. Avi Publ. Comp. Inc., 1970, p. 144-157.
55. Gardiner, M.R. Cattle Lupinosis. *J. Com. Path.*, **77**: 63-69, 1967.
56. Gladstones, J.S. Lupins as crop plants. *Field crop. astr.* **23** (2): 123-148, 1970.
57. Beck, A.B. y T.W. Bennetts. Copper poisoning of sheep in Western Australia. *J. Proc. R. Soc. West. Austr.*, **46**: 5-10, 1963.
58. Gardiner, M.R. Mineral metabolism in sheep lupinosis. 1. Iron and cobalt. *J. comp. Path.*, **75**: 397-408, 1965.
59. Gardiner, M.R. Mineral metabolism in sheep lupinosis. 2. Cooper *J. comp. Path.*, **76**: 107-120, 1966.
60. Gardiner, M.R. The role of copper in the pathogenesis of subacute and chronic lupinosis of sheep. *Aust. vet. J.*: 243-248, 1967.
61. Hackbarth, J. Lupinosis in the light of old and new evidence. *J. Aust. Inst. agric. Sci.*, **27**: 61-67, 1961.
62. Meyer-Bahlburg, W. Schwere Lupinosis durch "bitterstoff-freie" Lupinen. *Deutsche Landwirtsch. Presse*, **72**: 3, 1949.
63. Peterson. Examination of the alkaloids of *Lupinus digitatus* Forsk. for hepatotoxic effects in the rat. *Austral. J. exp. Biol. med. Sci.*, **41**: 123-128, 1963.
64. Gladstones, J.S. **The Narrow-leafed Lupin in Western Australia**. Western Australia Department of Agriculture Bulletin 3990, 1977.
65. Gardiner, M.R., W.H. Parr. Pathogenesis of acute lupinosis in sheeps. *J. Comp. Path.*, **77**: 51-62, 1967.
66. Gardiner, M.R. Fungus-induced toxicity in lupinosis. *Br. vet. J.* **122**: 508-516, 1966.
67. Van Wermelo, K.T., W.F.O. Marasas, T.F. Adelar, T.S. Kellermann. I

- B.J. van Ringsburg y J.A. Minne. Experimental evidence that lupinosis of sheep is a mycotoxicosis caused by the fungus *Phomopsis leptostromiformis* (Kuehn) Bubak. **J.S. Afr. Vet. Med. Ass.**, **41**: 235-247, 1970.
68. Jaffe, W.G. Toxische und wachstumshemmende Faktoren in Bohnen. **Qual. Plant. Mater. veg.**, **17**: 113-130, 1969.
69. Liener, E. **Toxic Constituents of Plant Foodstuffs**. New York, Academic Press, 1969.
70. Grain Pool of Western Australia (Original no consultado, compendiado en. **Plants for Men**, **2**: 81-90, 1976.
71. Tannous, R.I. y M. Ullah. Effects of Autoclaving on Nutritional Factors in Legume Seeds. **Trop. Agric. Trin.**, **46**(2): 123-129, 1969.
72. Oportus, O. y L. Edgardo. **Efecto del proceso de Micronización sobre el valor nutritivo de semilla de L. albus**. Tesis Inst. Zootecn. Fac. d. Med. Vet., Univ. Austral de Chile, 1976.
73. Gladstones, J.S. **Lupins in Western Australia**. Bulletin 3834. Dept. of Agriculture, Western Australia, 1972.
74. Columbus, A. Fuetterung mit Suesslupinen durch vier Generationen (nach Versuchen an Ratten). **Tierernaehrung**, **7**: 543-547, 1935.
75. Hackbarth, J. y H.-J. Troll. **Anbau und Verwertung von Suesslupinen**. Frankfurt/Main, DLG-Verlag, 1960, p. 75-81.
76. Vywer, J. van der, W.A. Vosloo y D.J. Steenkamp. Sweet Yellow Lupin Meal in Rations for Bacon Pigs and Dairy Cattle. **Farming in S. Africa**: 451-452, 1955.
77. Vosloo, W.A., B.J. van der Vywer y D.J. Steenkamp. Sweet, Yellow Lupin-seed Meal for Baconers. **Farming in S. Africa**: 221-223, 1955.
78. Swart, L.G. Fish Concentrate Improves Poultry Rations. **Farming in S. Africa**: 40, 47, 1958.
79. Vosloo, W.A. y D.J. Steenkamp. Lupin Meal Good Pig Feed. **Farming in S. Africa**: 18-19, 1958.
80. Niekerk, D.H. van y G.N. Louw. Lupin seed a useful supplementary feed. **Farming in S. Africa**: 30-31, 1959.
81. Merwe, F.J. van der. Lupin seed in concentrates for dairy cows. **Farming in S. Africa**: 54-55, 1959.
82. Vosloo, W.A. Lupin seed meal can replace part of white fish meal. **Farming in S. Africa**: 54-55, 1960.
83. Florence, W.G.S. Influence of varying proportion of plant animal protein supplements on the growth of porkers. **S. Afr. J. Agric. Sci.**, **8**: 661-672, 1965.
84. Coetzee, C.G., E.J. Vermeulen y J.E. Dyason. Supplementation of maize silage for woolled sheep. **Farming in S. Afr.**: 55-56, 1967.
85. Kracht, W., H. Schroeder, D. Bennewitz, J. Wuensche y H.-D. Bock. Zum Einsatz von Ackerbohnen und weissen Suesslupinen als pflanz-

- liches Eiweissfuttermittel in der Schweinemast. *Arch. Tierern.*, **23**: 801-812, 1973.
86. Díaz, G. **Estudios de valor alimenticio de las semillas del *L. luteus* en ratas.** Tesis, U. Austral de Valdivia, Chile, 1968.
 87. Flores, J. Estudio del valor alimenticio de las semillas de *Lupinus luteus* en conejos. *Arch. Med., Valdivia*, **II**: 22-25, 1970.
 88. Reccius, E. **Reemplazo de la Harina de Pescado por semilla de *L. luteus* en concentrado para terneros.** Tesis. Univ. Austral de Chile. Fac. de Med. Vet. Instituto de Zootecn. Valdivia, 1970.
 89. Graedicke, V.A. **Estudio comparativo de crianza de terneros en base a los sustitutos VITALAC y VITABASE.** Tesis. Inst. Sup. Agric. Adolfo Matthei, Osorno, 1977.
 90. Castillo, Y. Estudio sobre *Lupinus* (Chocho) en el Ecuador. *Arch. Venez. de Nutr.*, **15** (2): 87-93, 1965.
 91. Heupke, W. y C. Butenhoff. Die Ausnutzung der Suesslupine. *Ernaehrung*, **3** (11): 318-322, 1938.
 92. Ballester, D., E. Yañez, A. López, S. Cornejo, J. Pokniale y E. Haardt. **Calidad biológica y ensayo de toxicidad de dos variedades de Lupino (*Lupinus luteus* y *Lupinus albus*).** Congreso Latinoamericano de Nutrición, Caracas, 1976.
 93. Mermoud J. y O. Schneider. **Estudio de la incorporación de harina de lupino dulce en la alimentación normal de un grupo humano.** Escuela d. Med. Univ. de Chile, Sede Temuco, 1977.
 94. Darwish, N. y A.S. El-Nockrashy. Anreicherung von Weizenmehl durch Lupinenmehl. *Getreide u. Mehl*, **10**: 96-98, 1971.
 95. Darwish, N. y A.S. El-Nockrashy. Anreicherung von Weizenmehl durch Lupinenmehl. *Getreide u. Mehl*, **11**: 102-105, 1971.
 96. Molina, P.F. **Estudio de elaboración de galletas con harinas compuestas.** Tesis. Univ. Concepción, Chile. 1974.
 97. Moeller, E., Y. Pérez y F. Oyanguren. **Enriquecimiento de la harina de trigo con harina de lupino dulce para el consumo humano de una población adulta.** Tesis. Univ. Católica, Chile, Temuco 1975.
 98. Junge, I. et al. **Lupine and Quinoa.** Au. Esc. de Ing. Univ. Concepción, Chile, 1973.
 99. Hertz, K.O. **Informe sobre una misión.** WS/DG273, FAO, Roma, 1973.