UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONOMICAS

" CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE LUPINOS (*Lupinus spp.*) "

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

P R E S E N T A

JOSE LUIS IÑIGUEZ DISTANCIA

GUADALAJARA, JALISCO. SEPTIEMBRE DEL 2000

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO
COMITE DE TITULACION

ING. ELENO FELIX FREGOSO
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación: INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO (Trabajo Monográfico de Actualización), con el titulo:

" PRODUCCION Y CULTIVO DEL LUPINO (Lupinus spp.)"

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

JOSE LUIS IÑIGUEZ DISTANCIA

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

M.C. FRANCISCO ZAMORA NATERA	**DIRECTOR**
M.C. MARIO ALBERTO RUIZ LOPEZ	**ASESOR**
M.C. MARIA LUISA GARCIA SAHAGUN	**ASESOR**

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

M.C. SANTIAGO SANCHEZ PRECIADO	**PRESIDENTE**
M.C. RAMON RODRIGUEZ MACIAS	**SECRETARIO**
M.C. ARMANDO ARIAS GARCIA	**VOCAL**

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
Las Agujas, Zapopan, Jal. a 23 de agosto de 2000.

M.C. JESUS NETZAHUALCOYOTL MARTIN DEL CAMPO MORENO
PRESIDENTE DELCOMITE DE TITULACION

M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
SRIO. DEL COMITE DE TITULACION

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por darme la oportunidad de llegar a ser parte de ella.

Al M. C. Francisco Zamora Natera, por sugerir el tema de tesis, la dirección y corrección de la misma, además por sus valiosas enseñanzas y estímulos para la culminación del presente trabajo.

Al Doctor Mario Alberto Ruíz López, por su constante orientación profesional, así como por la acertada revisión del presente escrito y su desinteresada amistad.

A la M. C. María Luisa García Sahagún por su revisión, sugerencias y colaboración incondicional.

A todos mis compañeros y amigos por su valiosa contribución y experiencias aportadas durante el asesoramiento.

A la Facultad de Agronomía, hoy División de Ciencias Agronómicas del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) y sus maestros que la integran, con respeto, por los conocimientos adquiridos.

DEDICATORIA

Siento un orgullo y prefiero guardarlo,
aquí dentro de mi alma,
con todo el corazón,
por ese gran esfuerzo sublime de mis padres,
que hicieron lo imposible por darme educación.

A mis padres con cariño:

† José Luis Iñiguez Mazuca, de él aprendí la responsabilidad de mis obligaciones.
Andrea Distancia Barragán, por su fidelidad.

A mis hermanos:
Marisela y Sergio Javier, porque siempre seamos los unos para los otros en el devenir del tiempo en nuestras vidas.

* A esa mujer que tanto quiero, por su fe, su humildad y su sencillez para encontrarnos.

A mis abuelos:

† María del Refugio Mazuca C.

† Roman Iñiguez Medina, con quienes compartí parte de mi vida.

Sea para todos ellos una gratitud infinita y la satisfacción de darles este humilde recuerdo.

C CBA

INDICE

Pág.

TITULO
RESUMEN i
I.- INTRODUCCIÓN 1
1.1- Objetivos 4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA 5
2.1- Origen geográfico y antecedentes históricos del género *Lupinus* 5
2.1.1- Centro de origen 5
2.2- Botánica 9
2.2.1- Clasificación botánica del género *Lupinus* 9
2.2.2- Descripción morfológica de los lupinos domesticados 9
2.2.3- Raíz 10
2.2.4- Tallo 10
2.2.5- Hojas 10
2.2.6- Inflorescencias 11
2.2.7- Fecundación y polinización 11
2.2.8- Fruto 12
2.2.9- Semilla 12
2.3- Composición química y nutricional 12
2.4- Requerimientos ecológicos para el cultivo de lupinos 14
2.4.1- Clima 14
2.4.2- Suelo 16
2.5- Fisiología 18
2.5.1- Crecimiento y desarrollo 18
2.6- Rendimiento de grano y sus componentes 20
2.6.1- Índice de cosecha 20
2.6.2- Distribución en el rendimiento de la planta 21
2.6.3- Componentes de rendimiento 21
2.7- Fijación de nitrógeno 23
2.8- Técnicas de cultivo 26
2.8.1- Siembra 26
2.8.2- Densidad de siembra 27
2.8.3- Control de malas hierbas 29
2.8.4- Fertilización 30
2.8.5- Riegos 32
2.9- Cosecha 33
2.10- Almacenamiento 35
2.11- Principales plagas y enfermedades 35
2.12- Producción, cultivo y uso de lupinos 39
2.12.1- Producción, cultivo y uso de lupinos en Europa 39
2.12.2- Producción, cultivo y uso de lupinos en América 40
2.12.3- Producción y cultivo de los lupinos en otras partes del mundo 42
2.12.4- Producción y cultivo de los lupinos en México 43
III.- CONCLUSIONES 44
RECOMENDACIONES 45
IV.- LITERATURA CITADA 45

BIBLIOTECA CENTRAL

RESUMEN

El incremento acelerado de la población mundial genera una búsqueda permanente de nuevos recursos alimenticios, en este sentido las leguminosas son consideradas una importante fuente de proteínas y para muchos pueblos constituyen la base de la alimentación. A pesar de que el número de especies leguminosas es alto (cerca de 18,000) solo unas 20 son consumidas por el hombre y sus animales domesticos. Sin embargo, en varios países actualmente ha crecido el interés por incorporar a sus sistemas productivos especies de leguminosas nativas o introducidas de alto valor nutricional y con habilidad para fijar nitrógeno, cuya producción industrial requiere grandes cantidades de energía.

En este sentido ha surgido el interés en muchos científicos del mundo en las especies del género *Lupinus* debido principalmente a que sus semillas alcanzan valores de hasta un 40 % de proteínas, casi el doble de la mayoría de esta familia con excepción de la soya. El contenido de grasa para *Lupinus mutabilis* llega hasta un 20%. Por lo que son consideradas como una de las fuentes más importantes de proteínas alternativas tanto para alimentación humana como animal, por lo que desde el punto de vista nutricional compite favorablemente con la soya (*Glycine max*) principalmente en las regiones ecológicas donde no se cultiva esta especie.

Para México puede resultar importante conocer y valorar el potencial productivo y nutricional de los lupinos como fuente alternativa de proteína para su utilización en la alimentación humana o animal principalmente, ya que al igual que en otros países la producción de granos no es suficiente por lo que se tiene que recurrir a las importaciones.

El objetivo principal de este trabajo bibliográfico sobre la producción y cultivo del lupino en diferentes partes de mundo, es la recopilación de información que permita identificar las posibilidades de introducir el lupino a los sistemas productivos de nuestra región y contribuyan a incrementar la producción de proteínas alternativas.

I INTRODUCCION

El género humano siempre ha dependido en alto grado de los vegetales como medio de subsistencia para satisfacer sus necesidades alimenticias, en un principio utilizó especies silvestres, hasta llegar a la domesticación para un mayor aprovechamiento.

Entre la gran diversidad de especies domesticadas para fines alimenticios, destacan las gramíneas y las leguminosas; estas últimas tienen una larga historia como componentes de las dietas humanas. En realidad aparecen entre las primeras plantas usadas por el hombre primitivo durante la transición entre las etapas de cazador y recolector a la agricultura primitiva.

Las leguminosas son consideradas como una de las tres familias de angiospermas más grandes en número de especies, 18,000 aproximadamente (N.A.S, 1979), pero solo alrededor de algunas 20 han sido cultivadas y aprovechadas en la alimentación del hombre y sus animales domésticos, entre las que destacan principalmente el frijol (*Phaseolus vulgaris*), cacahuate (*Arachis hipogea*), haba (*Vicia faba*), garbanzo (*Cicer arietinum*), alfalfa (*Medicago sativa*) y soya (*Glycine max*) (Zamora y Ruiz, 1997).

A pesar de que la superficie de cultivo de las leguminosas es menor que para los cereales, su contribución al suministro mundial de proteínas es mayor, hasta en un 20%.

Por lo general las semillas de estos vegetales contienen proteínas que varía del 17 al 30% y en algunos casos como en la soya y el lupino llega a ser hasta de un 40%, mientras que en los cereales, sólo se encuentra en un 6 a 14%.

Además de su alto contenido proteico, poseen alrededor del 50% de carbohidratos, el contenido de grasa en la mayoría de las leguminosas es bajo (entre 3 y 10%), pero hay algunas que llegan a tener mayor cantidad como la soya (18%) y el cacahuate (40%), por lo que estas dos especies son consideradas como semillas oleaginosas (Cubero y Moreno, 1983).

La soya se ha usado como un sustituto de proteínas de origen animal en una gran diversidad de alimentos para consumo humano y animal por su valor nutritivo y sus características funcionales. En Brasil por ejemplo, la soya ha adquirido gran aceptación, a tal grado que ha desplazado a cultivos tradicionales como el frijol (Gross, 1982).

En México se observa cierta renuencia al consumo de soya, su utilización como complemento alimenticio se limita a algunos sectores de la población, sin embargo, estos granos tienen gran demanda para la obtención de aceite y uso pecuario en la elaboración de alimentos balanceados.

Según estadísticas proporcionadas por la SAGAR, Centro de Estadística Agropecuaria (1998), en México el cultivo de la soya se limita a los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas y Chiapas principalmente, con una producción anual de 523,000 toneladas aproximadamente, cantidad insuficiente para cubrir la demanda nacional del sector pecuario, por lo que este déficit es cubierto en su mayor parte por importaciones provenientes de Estados Unidos de América que asciende a 1'707,090 toneladas.

El sector pecuario mexicano requiere incrementar la producción de granos ricos en proteínas o buscar fuentes alternativas de origen vegetal. Para no depender de la soya como la principal fuente proteica en la formulación de raciones alimenticias

Ante esta situación una alternativa importante podría ser fomentar el cultivo de otras leguminosas con alto contenido proteínico y de alta productividad que puedan contribuir al abastecimiento proteico nacional en las raciones de las distintas especies animales.

Sotelo *et al.,* (1980) coinciden en que una solución a este problema consiste en incrementar la producción de los alimentos de origen vegetal, en especial leguminosas de grano como frijol, garbanzo y chícharo. También se debe contemplar la investigación de aquellos cultivos marginados que fueron usados por nuestros ancestros, los cuales actualmente solo se producen y consumen en regiones muy restringidas y su comercialización es sólo local.

Por lo anterior, una recomendación es la realización de investigaciones sistemáticas en programas sobre la introducción de leguminosas nativas o foráneas, a los sistemas productivos de cada región que puedan aportar proteínas para el consumo tanto humano como animal.

Las especies del genero *Lupinus* representan una opción importante, pues se estima un contenido de proteínas de un 30 a 39 % en sus semillas y de un 12 a un 17 % en el follaje, casi el doble de la mayoría de las leguminosas cultivadas y consumidas por el hombre y sus animales domésticos y semejantes a la soya (Agosin *et a*l., 1989; Jambrina, 1980; Yañez 1992).

Aunque en México estas especies son poco conocidas, en otros países se cultivan desde hace más de 3000 años, en donde se utiliza tanto para cosecha de grano como para

forraje (henificado, ensilado). Además de sus cualidades alimenticias, los lupinos tienen ventajas agronómicas, en abono verde aporta alrededor de 55 kg de nitrógeno asimilable por hectárea para la próxima temporada, la capacidad de formación de nódulos para la fijación de nitrógeno, gracias a su asociación con los microorganismos simbióticos del género *Rhizobium* llega a ser de 128 a 234 kg de N/ha/año (López-Bellido y Fuentes, 1991).

Actualmente el cultivo de estas leguminosas se ha extendido a diversos países de Europa, América y en Australia, en donde ha crecido el interés por investigar el potencial de cultivo de estas especies principalmente en regiones donde las condiciones ambientales no son favorables para el cultivo de soya (Haq, 1993).

1.1.- Objetivos

Realizar una revisión sobre las especies del género *Lupinus* que han sido domesticadas y comercializadas, resaltando aspectos relacionados con su producción y cultivo, indicando también su importancia en la alimentación humana y animal.

Recopilar información que nos permita identificar las posibilidades de introducir el lupino a los sistemas productivos de nuestra región y contribuyan a incrementar la producción de proteínas alternativas.

CUCBA
BIBLIOTECA CENTRAL

II REVISION DE LITERATURA

2.1.- Origen geográfico y antecedentes históricos del género *Lupinus*

2.1.1.- Centro de origen:

Dunn (1971), ha señalado que la zona sureste de Sudamérica (este de Brasil y Paraguay) es el centro de origen de las especies del género *Lupinus*, debido a que en esta región se encuentran las especies más primitivas del género (unifoliadas).

De acuerdo con Gross, (1982) y López-Bellido y Fuentes (1996) existen dos grandes regiones de distribución del género *Lupinus*, que son:

1 - La cuenca Mediterránea, desde el sur de Europa hasta Africa central y Etiopía y

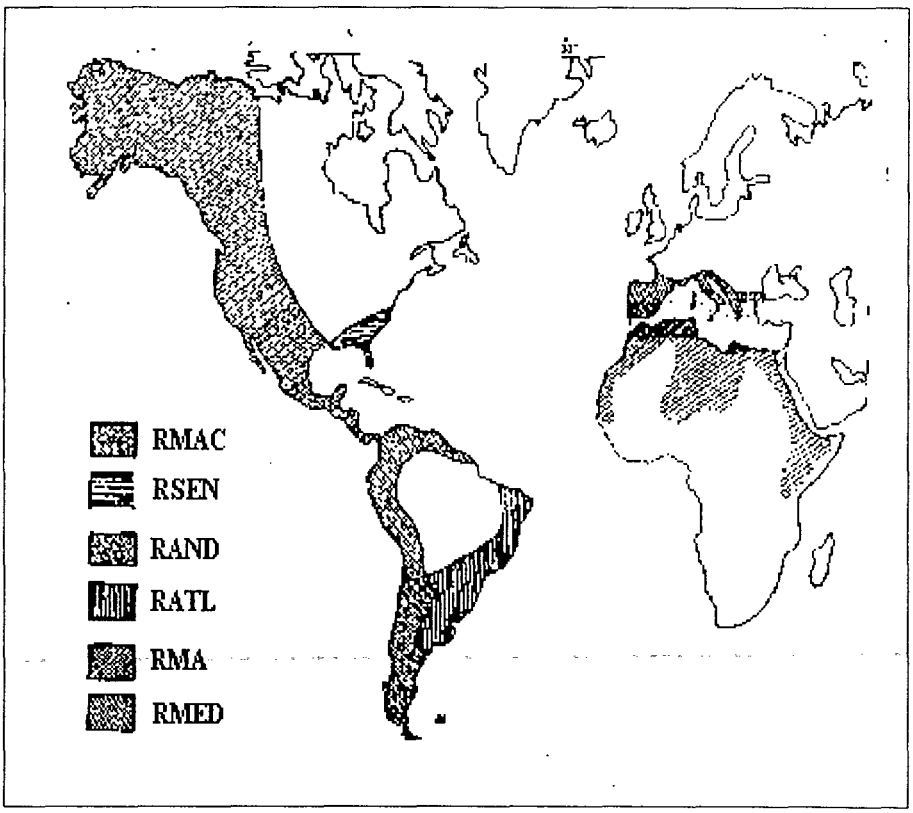
2 -El continente Americano, exceptuando las húmedas llanuras tropicales y la cuenca del amazonas.

La región del mediterráneo comprende escasamente una docena de especies, de las que se han domesticado *L. albus L. luteus* y *L. angustifolius,* en América existen varios cientos de especies. Según Planchuelo (1994) deben haber más de 400 especies de lupino en América, con una estrecha relación citogenética, lo que las hace morfológicamente más similares entre sí que las especies del viejo mundo, sin embargo, a pesar de esta gran diversidad de especies de América, solo se ha domesticado *L mutabilis.*

Según Planchuelo (1994), existen tres centros de distribución: la zona Norte y Centro de América, en Sudamérica y en la costa del Mediterráneo, estos a su vez se dividen en dos regiones cada una, como se puede apreciar en la figura 1.

Otros estudios señalan a la parte central de México y California como el centro de diversidad de los lupinos del nuevo mundo (Simmonds, 1976).

FIGURA 1. CENTROS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES DE *Lupinus* (SEGÚN PLANCHUELO, 1994).



RMAC = Región Montañosa de Alaska a Centroamérica,
RSEN = Región Sur-Este de Norteamérica,
RAND = Región Andina,
RATL = Región del Atlántico,
RMA = Región del Mediterráneo y Africa,
RMED = Región del Mediterráneo.

Estas especies son muy dinámicas y ocupan hábitats desde el nivel del mar hasta tundra alpina arriba de los 4000 msnm, (Gross, 1986; Pazy, 1980; Planchuelo, 1994; Tapia y Vargas 1982).

Tournefort uso el nombre *Lupinus* para el género por primera vez en 1694, proviene del latín *Lupus* que significa lobo, ya que estas plantas eran asociadas a los lugares salvajes y en bosques donde habitaban lobos. En 1753 Lineo incluye al género en su obra *Species plantarum* (Planchuelo, 1994).

La especie cultivada más antigua es *Lupinus albus* (lupino blanco), sus antecesores silvestres son nativos de la península balcánica, el cual era conocido por los antiguos griegos y romanos desde el siglo I. Asimismo se tiene conocimiento de haberse encontrado semillas de *L. albus* en tumbas Egipcias de la dinastía duodécima (alrededor de 2,000 años a. C.).

La referencia más antigua que se tiene es la de Hipócrates (400-356 años a. C.), quien habla de los lupinos en la alimentación humana en relación con lentejas, habas y guisantes. Teofrasto (372-288 a. C.) menciona a los lupinos en su "Historia Natural de las plantas", en relación con su siembra y cosecha.

El cultivo del lupino blanco se llevó a cabo en todo el Imperio Romano y fue descrito extensamente por tratadistas agrícolas de aquella época; los cuales consideraban de importancia nutritiva las semillas desamargadas de los lupinos. Estas eran utilizadas no solo para consumo del ganado, sino también en gran medida para el consumo humano, aunque únicamente por las clases más pobres y en caso de extrema necesidad (Muzquiz, 1988).

Los romanos observaron que los lupinos crecían o se cultivaban en terrenos pobres o relativamente poco fértiles (Gladstones, 1974).

Además las semillas de *L. albus* tuvieron una gran importancia social y fueron utilizadas como unidad de cuenta o moneda. El termino "numus" significa moneda ficticia o moneda de poco valor, Muzquiz (1988).

Lupinus mutabilis se ha cultivado en la región de los Andes desde hace cientos de años por los Incas; sin embargo, en la época colonial fue reemplazada por otros alimentos y hoy sólo es cultivada por pequeños productores en tierras marginadas, por lo general en elevadas altitudes (1800 a 4000 msnm) (Gross y Baer, 1977; Concha,1992).

Se han encontrado vestigios del uso de las semillas de *Lupinus mutabilis* en relieves de la cultura Chavin (500 a.C.-200 d.C.) y en las tumbas de la cultura Nazca (100-800 d.C.), así como en vasijas de cerámica de la cultura Tiahuanaco (800-1000 d.C.) dando testimonio de su amplia extensión (Gross y Baer, 1977). Durante el imperio Inca esta leguminosa alcanzó probablemente su último apogeo. Su extensión desde Venezuela hasta el Norte de Argentina y Chile lo confirma aún hoy en día.

En la actualidad se encuentran parcelas de *L. mutabilis*, conocido bajo el nombre de "chocho" (en español), "tarhui" (quechua) o "tarwi" (aymará), en alturas de 2,500 hasta 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 por su sabor amargo. Estos cultivos generalmente no sobrepasan la media hectárea. El agricultor andino siembra a menudo el lupino sin previo abono en la alternativa patata-cebada-lupino (Gross y Baer, 1977).

Actualmente es un importante componente de la dieta de muchos campesinos en la región andina, quienes todavía quitan el sabor amargo de las semillas como sus antepasados por calentamiento y lavado en agua corriente (Gross, 1982).

2.2.- Botánica

2.2.1.- Clasificación botánica del género *Lupinus*.

Takhtajan (1987), ubica a los lupinos en la siguiente categoría sistemática:

División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Magnoliopsida (Dicotyledone)
Subclase	Rosidae
Superorden	Fabanae
Orden	Fabales
Suborden	Leguminosinae
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Papilionaceae
Tribu	Genisteae
Subtribu	Genistinae
Género	*Lupinus*
Especie	spp.

2.2.2.- Descripción morfológica de los lupinos domesticados.

Las distintas especies del género *Lupinus* son plantas anuales o perennes, de tipo herbáceo o arbustivo, y con porte erecto, semierecto o rastrero. Los lupinos cultivados son plantas herbáceas anuales y erguidas.

2.2.3.- Raíz

El sistema radical es pivotante y profundo, con diferencias entre especies en cuanto a longitud (hasta tres metros en *L. mutabilis*), lo que contribuye en gran parte a la resistencia de la planta a la sequía y a su capacidad de absorber del suelo elementos minerales poco solubles. Las raíces tienen capacidad para fijar nitrógeno debido a la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium.* Otro aspecto importante es la movilización de fósforo y otros elementos fijados en el suelo a través de exudados cítricos de sus raíces (Morgan, *et al.*, 1992).

2.2.4.-Tallo

El tallo es ramificado, glabro o pubescente, llega a alcanzar dos metros de altura o más. Las ramificaciones laterales pueden ser hasta de quinto orden, variando la altura del punto de inserción de las ramas según especies (Gross, 1982).

2.2.5.- Hojas

El género presenta hojas generalmente compuestas, rara vez simples, digitadas con un largo pecíolo y cinco a doce folíolos ovoides o lanceolados, según la especie, variando su coloración desde el verde intenso en *L. albus* hasta verde amarillento en *L. mutabilis*. Asimismo, las hojas tienen un importante heliotropismo, tomando siempre una posición perpendicular a los rayos del sol, peculiaridad que favorece la utilización de la luz y que aumenta la asimilación fotosintética de la planta (Gross,1982; Beltekey *et al.*,1983).

2.2.6.- Inflorescencias

La inflorescencia es en racimo terminal con numerosas flores de hasta 20 o 30, aparecen en el extremo del tallo principal y en cada una de las ramas, cualquiera que sea su orden, aunque su tamaño y número de flores disminuye a medida que se avanza en el orden de las ramas. La estructura de la flor es la típica de las papilionaceas, con simetría bilateral y pétalos desiguales. El color de la flor es muy variado desde blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, azul, verde violeta y marrón, es considerado un criterio de clasificación taxonómica (Planchuelo, 1994).

2.2.7.- Fecundación y Polinización

La fecundación en las especies de los lupinos es básicamente autógama, pero puede existir la alogamia, en un bajo porcentaje dependiendo de la especie o condiciones climáticas en cada zona. Es frecuente la polinización cruzada provocada por los insectos que dificulta el carácter dulce de los altramuces cultivados en el curso de multiplicaciones sucesivas (Beltekey *et al.*, 1983).

BIBLIOTECA CENTRAL

2.2.8.- Fruto

El fruto es una vaina, típico de la familia de las leguminosas, más o menos compreso, linear-oblongo, generalmente pubescente. El porcentaje de cuajado de vainas es variable en las distintas inflorescencias de la planta, según el orden de las ramas al que pertenezcan, y en función de las condiciones ambientales. La dehiscencia es un carácter propio de las especies silvestres y no existe en los lupinos domesticados cuya indehiscencia es absoluta, debido a la selección realizada por los campesinos del área del mediterráneo y de los Andes desde la antigüedad (Gross, 1982, Planchuelo, 1994).

2.2.9.- Semilla

Los lupinos presentan semillas compresas, mayormente ovoboides, cada vaina puede contener hasta 9, aunque normalmente tiene entre 3 y 6 en las especies cultivadas y en las especies silvestres de 4 a 12 semillas por vaina, presentan formas y tamaños muy variados (esférica, aplastada, ovalada, cuadrangular, etc.) y su coloración puede ser blanca, amarilla, negra, jaspeada, verde. El peso de 1000 semillas está comprendido normalmente entre 150 y 500 g en *L. albus*, 130 y 200 g en *L. angustifolius*, 110 y 180 g en *L. luteus* y 120 y 340 g en *L. mutabilis* (Gross,1982; Beltekey *et al.*, 1983, Planchuelo, 1994).

2.3.- Composición química y nutricional

La semilla de los lupinos es el principal producto utilizado en la alimentación. El cuadro 1 muestra la composición química de las especies cultivadas (Petterson, 1998).

CUADRO 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DE LAS SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE LUPINOS (g kg^{-1}), EN BASE SECA.

Componente	*L. albus*	*L. angustifolius*	*L. luteus*	*L. mutabilis*
Humedad	85.8	84.4	94.4	62.0
Proteínas	361.0	321.6	413.6	447.4
Cenizas	32.9	27.8	37.0	30.0
Grasa cruda	90.8	58.2	57.4	140.7
Fibra Cruda	102.7	148.9	127.2	70.4
FDA	142.8	197.3	---	---
FDN	171.5	226.8	192.0	---
Lignina	6.5	7.0	5.0	---
Calcio	2.0	2.2	2.1	1.8
Fósforo	3.6	3.0	6.1	8.8

FDA = Fibra Detergente Ácido ----- = No se reporta
FDN = Fibra Detergente Neutro

Al igual que la mayoría de las leguminosas, los lupinos son deficientes en metionina, por lo que llegan a presentar bajos valores de relación de eficiencia proteica (PER) (0.48-0.99), pero al suplementar con este aminoácido, alcanza valores de 3.05 en comparación con la caseína (3.09) (Schoeneberger *et al.*, 1982; Ballester *et al.*, 1980). Asimismo se tiene reportado que la proteína de los lupinos es una fuente rica de triptofano y contiene buen balance del resto de aminoácidos esenciales con un alto grado de digestibilidad (Petterson, 1998).

En relación a los carbohidratos se ha registrado que en la cáscara y el cotiledón presentan diferentes tipos, en la cascarilla predominan principalmente los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectina) y en los cotiledones los principales carbohidratos de reserva son carbohidratos no estructurales, principalmente galactosa, arabinosa y ácido urónico.

Las semillas de lupinos son ricas en calcio (1.5-2.2 g kg^{-1}), pero su contenido de fósforo aportado por fitatos es comparable a otras leguminosas (Petterson, 1998).

El principal uso que se les da a los lupinos actualmente es en la alimentación animal, como fuente de proteínas y energía. En Australia, donde el total de la producción de *L.angustifolius* y *L. albus* es utilizada en la alimentación de cerdos, pollos y bovinos es de 7.85 millones de ton. de los cuales 1.36 son leguminosas y de estas 1.13 son lupinos. Se tiene estimado un consumo de 350,000 ton. anuales de lupinos como forraje para ovinos (Edwards y van Barneveld 1998).

2.4.- Requerimientos ecológicos para el cultivo de los Lupinos

2.4.1.- Clima

En general, la temperatura diurna óptima para el crecimiento de los lupinos está comprendida entre 15 y 25 °C (Gladstones, 1970). Temperaturas más elevadas, especialmente si van acompañadas de estrés hídrico, pueden afectar el crecimiento, sobre todo durante las fases de floración y de cuajado de vainas (Nelson *et al.*,1983, Putnam, 1991). Las especies mediterráneas toleran mejor las heladas de hasta -6 a - 9 °C al comienzo de la fase vegetativa, cuando la planta tiene 3 o 4 hojas, y son más sensibles a partir de la floración, época en la que pueden ser afectadas por las bajas temperaturas.

Por el contrario, *L. mutabilis* mostró ser más susceptible al frío en estado de planta joven y resistente en la fase de maduración por lo que presenta problemas para su cultivo en invierno en el área del mediterráneo (Bellido y Fuentes, 1990).

Sin-embargo, en su lugar de origen, ecotipos de *L. mutabilis* en su estado adulto sobreviven a temperaturas por debajo de los -9 °C. (Gross, 1982; Hernández y León, 1992)

Este fenómeno se puede explicar considerando las condiciones climáticas de la región de origen de ambas especies. Las heladas en los Andes se presentan, a diferencia de la región de origen de *L. albus*, hacia finales del ciclo vegetativo (Gross, 1982).

Los lupinos se cultivan en áreas muy diversas desde el punto de vista pluviométrico, estimándose que son necesarios niveles superiores a los 350 mm de lluvia durante su periodo de cultivo para obtener rendimientos adecuados (Gross, 1982; Nelson *et al.*, 1983).

Las necesidades hídricas son elevadas y variables según especies y fases de crecimiento aunque, presenta cierta resistencia a la sequía debido a la profundidad del sistema radicular que explora un gran volumen de suelo. *L luteus* parece ser la especie con menores requerimientos hidrícos, ya que se puede cultivar en zonas con 250 mm durante su ciclo (Beltekey *et al.*, 1983).

En general, la planta de altramuz necesita mayor cantidad de agua durante la formación de las flores y el cuajado de las vainas; ya que la sequía en este periodo disminuye sensiblemente el rendimiento (Withers, 1979; Beltekey *et al.*, 1983).

2.4.2.- Suelo

Los mejores suelos para un buen rendimiento de los lupinos son los profundos, fértiles, con buen drenaje, pH neutro o ácido (Nelson *et al.*, 1983). Son preferibles los suelos arenosos o francos a los arcillosos, porque en éste último puede producirse un excesivo crecimiento vegetativo, o bien dificultades de crecimiento por falta de drenaje y aireación; también puede inhibirse en estos suelos el desarrollo del *Rhizobium* así como aparecer ciertas enfermedades producidas por hongos de suelo (*Fusarium sp.*) (Gross, 1982, Putnam, 1991).

Gladstones (1970), Jambrina (1980), Gross, (1982), han establecido las diferencias entre las principales especies cultivadas en cuanto a requerimientos de suelo, clima y necesidades nutritivas (Cuadro 2).

CUADRO 2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS Y NUTRITIVOS DE CUATRO ESPECIES DE *LUPINOS*.

Especie	Tipo de suelos	Requerimiento nutritivo	Requerimientos nutritivos especificos	Clima
L. luteus	Arenoso y limo-arenoso, muy ácido a medio, ligeramente tolerante al encharcamiento	Bajos	Muy susceptible a deficiencia de Fe y Mn en suelos neutros o calizos	Temperatura moderada en estado vegetativo, solo ligeramente resistente al frío
L. angustifolius	Arenoso y limoso, moderadamente ácido a neutro. No resistente al encharcamiento.	Bajos-moderados	Susceptible a deficiencias de Co, mayores requerimientos de P, K y otros elementos que *L. luteus*.	Temperaturas frías moderadas en estado vegetativo, resistente al frío.
L. albus	Limo-arenoso y limoso. Moderadamente ácido a ligeramente calizo.	Moderados	No se conocen bien, pero generalmente superiores a *L. angustifolius*	Temperaturas frías a moderadamente cálidas en estado vegetativo, resistente al frío.
L. mutabilis	Francos y franco arenoso pH que oscila entre 5 y7.	Bajos a moderados	Susceptible a K mayores requerimientos de P.	Temperaturas frías resistente a heladas en estado adulto, susceptible al frio estado joven

Las limitantes para el altramuz son los suelos con alto contenido en cal y valores elevados de pH, donde se presentan fenómenos de clorosis y problemas de crecimiento, lo cual puede imposibilitar su cultivo en las zonas calizas de cualquier parte del mundo (Pascual, 1986; Zamora y Martínez, 1998; Raza *et al.*, 1999, Cowling *et al.*, 1998).

Existen diferentes hipótesis sobre las causas del fracaso en el cultivo de lupinos en suelos con alto contenido de cal. Sin embargo, la carencia de hierro, cuya absorción y traslocación se obstaculiza por el carbonato de calcio del suelo, es la teoría más admitida (López Bellido y Fuentes, 1991).

El grado de clorosis que se observa en las plantas depende de la concentración de carbonato de calcio en el suelo y no del pH del mismo, pero este valor permite determinar en la práctica si el suelo es adecuado para el cultivo de lupinos, dada la relación que hay entre ambos parámetros (Hutchenson, 1968; Tang, 1996).

Existen notables diferencias entre especies en cuanto a su sensibilidad a la presencia de cal en el suelo de acuerdo a los siguientes ordenes decrecientes de sensibilidad: *L. luteus, L. angustifolius, L. mutabilis, L. albus.* Es posible también encontrar que las variedades de una misma especie pueden mostrar diferencias importantes en cuanto la sensibilidad por la presencia de cal en el suelo, pudiéndose alterar el anterior orden de sensibilidad inter-específica. Esta variabilidad esta siendo utilizada en programas de mejora genética para obtener variedades con mejor tolerancia a cal en el suelo, lo que puede incrementar en el futuro el área potencial de cultivo de lupinos (Furgal, 1974; Bellido y Fuentes, 1982; Bellido y Fuentes 1986).

2.5.- Fisiología

2.5.1.- Crecimiento y desarrollo.

De acuerdo con López-Bellido y Fuentes (1991) y Putnam (1991) durante el periodo de desarrollo de la planta de lupinos pueden considerarse tres etapas, con duración variable en función de la especie, de la variedad y de las condiciones ambientales.

a) Primera etapa de la siembra a comienzo de la floración:

En esta etapa tiene lugar la emergencia de la planta y el crecimiento vegetativo, con el desarrollo de las hojas, en algunas especies la planta permanece en estado de roseta durante un tiempo variable dependiendo de las condiciones ambientales. Posteriormente tiene lugar el crecimiento del tallo

b) Segunda etapa de la floración a fructificación:.

Durante esta fase se produce la iniciación floral bajo la influencia de varios factores como la vernalización y el fotoperiodo. En general el lupino es una planta con necesidades vernalizantes y sensible al fotoperiodo, existiendo importantes diferencias ínter e intraespecíficas. Así, en *L. angustifolius* la iniciación floral esta controlada principalmente por la vernalización, existiendo una débil influencia foto periódica.

Existen líneas isogénicas de esta especie con o sin requerimientos de vernalización (como Uniharves y Unicrop). Por el contrario, *L. luteus* presenta la mayor sensibilidad al fotoperiodo (Gladstones y Hill, 1969; Rahman y Gladstones, 1974)

En *L. albus* se presenta una amplia gama de respuestas a la vernalización, desde los tipos de invierno, con elevadas necesidades, hasta las formas enanas de primavera,

cuya iniciación floral es poco sensible a las bajas temperaturas (Goldstein, 1984, López - Bellido y Fuentes 1991).

En *L. mutabilis* no se ha encontrado una respuesta clara a la vernalización ni al fotoperiodo (Gross, 1982). En muchos casos, la sensibilidad del altramuz a este fenómeno puede ser un inconveniente a nivel agronómico, por determinar la fecha de floración e influir, por tanto, en su duración. Por ello, la obtención de variedades sin necesidades de vernalización es uno de los objetivos de la mejora genética.

Además de los anteriores factores, la temperatura, dentro de un intervalo optimo, adelanta la iniciación floral una vez cubiertas las necesidades de frío. La longitud del periodo comprendido entre la iniciación floral y la floración depende, fundamentalmente, de la temperatura (Rahman y Gladstones, 1973; Perry y Poole, 1975; Reeves *et al.*, 1977; Putnam 1991). La floración tiene lugar de forma escalonada y sigue un modelo bastante rígido, de forma que la aparición de las inflorescencias se da en un determinado orden de ramas.

El periodo de floración en cada inflorescencia es mas corto a medida que el orden de la misma es superior. El número de ordenes de ramificación con flores es variable en función de las condiciones ambientales, que determinan el final de la floración. Se han citado diversos factores causantes de este fenómeno, tales como, las altas temperaturas, mayor radiación y el fotoperiodo, aunque parece que la aparición de un moderado déficit hídrico en el suelo es el factor de mayor influencia sobre el fin de esta etapa (Greenwood *et al.*, 1975; Perry y Poole, 1975; Farrington, 1976; Garside, 1979; Fuentes y López, 1988).

c) Tercera etapa, maduración:

Al final de la floración disminuye el crecimiento vegetativo y tiene lugar una progresiva caída de hojas; al tiempo que se produce un rápido crecimiento de los granos, de forma casi simultanea en todos los ordenes de ramas a costa de la fotosíntesis de las hojas verdes restantes, y de la actividad fotosintética de las plantas. La materia seca total acumulada por planta es variable en función de las diferentes especies, variedades y condiciones ambientales.

2.6.- Rendimiento de grano y sus componentes

2.6.1.- Índice de cosecha

El índice de cosecha (HI porcentaje de peso seco del grano sobre el peso seco total de la planta) de los lupinos cultivados oscila en un amplio rango de valores según la especie y las condiciones ambientales como lo muestra el cuadro 3. Además, esta relacionado con los avances en mejoramiento genético llevado en cada una de estas (Hill, 1977; Fuentes, 1985).

CUADRO 3. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA E ÍNDICE DE COSECHA, DE VARIAS ESPECIES DE LUPINOS.

Especie	Materia seca total (g/m^2)	Indice de cosecha (HI)
L. albus	565-1.865	6.9-51.1
L. angustifolius	249-1.625	10.4-48.8
L. luteus	348-1.900	12.3-39.7
L. mutabilis	252-544	3.9-25

2.6.2.- Distribución en el rendimiento de la planta

López -Bellido y Fuentes (1986) señalaron que aunque las diferentes especies de lupinos tienen capacidad para producir diferentes ordenes de ramas, casi la totalidad del rendimiento se sitúa sobre las inflorescencias del tallo principal del primer orden de ramas, siendo muy frecuente que el segundo y tercer orden de ramas tengan escasa aportación en el rendimiento. La contribución de las vainas del tallo principal al rendimiento total, en *L albus* y *L. luteus* normalmente es más elevada que en *L. angustifolius* .

Por otra parte Withers (1984) señaló que el número de flores y vainas por inflorescencia disminuye a medida que se progresa en el orden de ramificación, a pesar de que aumenta el porcentaje de flores fecundadas.

2.6.3.- Componentes del rendimiento

El número de vainas por planta es el componente del rendimiento más variable y dependiente de las condiciones ambientales y está muy relacionado con la duración de la estación de crecimiento (particularmente con la duración del periodo de floración), con la densidad de plantas y con la disponibilidad de agua (López -Bellido y Fuentes, 1986).

Perry y Poole (1975), Fuentes (1985) y Lhamby (1989) indicaron que aunque existen diferencias en cuanto a la capacidad de ramificación de las distintas especies, el número de vainas por planta tiende a ser semejante bajo las mismas condiciones de desarrollo.

Por su parte López-Bellido y Fuentes (1986) señalaron que la densidad de plantas influye junto con el número de vainas por planta y que son el principal factor que debe optimizarse en las técnicas de cultivo.

El número de granos por vaina parece tener poca influencia sobre la determinación del rendimiento. En las vainas de cada planta este es menor a medida que aumenta el orden de ramas. También se ha comprobado que el nivel de agua en el suelo influye sobre el número de granos por vainas (Lhamby, 1989).

El peso de 1000 granos depende fundamentalmente de la especie y en menor medida de la variedad. (Withers, 1984; López Bellido y Fuentes, 1990).

Gross (1982) y Fuentes (1985) indican que dentro de cada variedad, el peso de los granos tiene menor variabilidad que el número de vainas por planta y es un poco mayor que el número de granos por vaina. Esta variabilidad es mayor en las especies de mayor tamaño de grano como *L albus* y *L mutabilis*. Así mismo señalaron, que en general el peso del grano es mayor en las vainas del tallo principal y disminuye en los tallos de las sucesivas órdenes de ramas, aunque hay especies como *L. angustifolius,* con poca variación en este sentido.

Withers (1984) hace una clara distinción entre los componentes del rendimiento relativamente estables (granos por vaina y peso de 1000 granos) y los más inestables o variables (vainas por planta.) en las diferentes especies de lupinos.

En general las especies que pueden alcanzar los rendimientos más altos son *L. albus* y *L. angustifolius,* ya que se han registrado rendimientos de hasta 5000 kg/ha en Australia y Nueva Zelanda (Cowling *et al.*, 1998).

2.7.- Fijación de Nitrógeno

Al igual que otras leguminosas los lupinos se destacan por su alto contenido de proteínas en sus partes vegetativas y en la semilla. La síntesis necesaria de proteína y el abastecimiento de nitrógeno de la planta en el caso de muchas leguminosas esta garantizada por la simbiosis entre bacterias nodulares del sistema radicular y la planta (López Bellido y Fuentes, 1991).

Esta facultad de asociarse simbióticamente con bacterias del género *Rhizobium* permite la fijación del nitrógeno atmosférico y lo ponen a disposición de la planta, lo que reduce o elimina la necesidad de aportar abonos nitrogenados al cultivo de lupinos (Gross, 1982; Ayisi *et al.*, 1992).

Además, los residuos de las raíces y de los restantes órganos de la planta contribuyen al enriquecimiento de nitrógeno al suelo, el cual quedara disponible para otros cultivos en un sistema de producción en rotación que se practica en diferentes países donde se cultiva lupinos.

López-Bellido y Fuentes (1991), señalan que una simbiosis efectiva en *L. albus*, presenta una tasa de crecimiento similar a la de las plantas abastecidas con nivel óptimo de nitrato en el suelo; sin embargo, las plantas que fijan nitrógeno tienen menor eficiencia fotosintética (aproximadamente un 69% de la fotosíntesis neta) que las plantas sin fijación de nitrógeno, debido a que la energía necesaria para la fijación proviene necesariamente de la fotosíntesis de la planta.

El lupino tiene alta eficiencia en la movilización del nitrógeno hacia las vainas durante el llenado del grano. El balance de nitrógeno en *L. albus* muestra que las pérdidas netas de nitrógeno en hojas, pecíolos, ramas y raíces después de la floración,

BIBLIOTECA CENTRAL

proporcionan algo más de la mitad (57%) del total de nitrógeno demandado por los frutos; el resto procede de la fijación y absorción del suelo durante la maduración. El porcentaje de nitrógeno contenido en el grano con respecto al total de la planta (índice de cosecha del nitrógeno) puede llegar hasta 84 en algunas variedades de *L. albus* y 79 en *L. angustifolius*.

La capacidad total de fijación de nitrógeno ha sido estimada por varios autores, oscilando entre 128 y 234 kg de nitrógeno por hectárea (Islam, 1978; Amerger, 1984). La nodulación se produce espontáneamente en suelos donde se ha cultivado tradicionalmente el lupino o donde existen plantas silvestres capaces de asociarse con *Rhizobium lupini*

Withers *et al.*, (1979) y Amerger *et al.*, (1984) comprobaron que la presencia de *Rhizobium lupini* en el suelo depende estrechamente del pH. Si es inferior a 6, puede existir en el suelo una cantidad de inoculo suficiente para una buena nodulación; a pH 6 y 7, el número de rizobios puede ser variable, pero es muy probable la escasez de los mismos por encima de 6.5. Por ello, la nodulación de la semilla es recomendada sobre todo si el pH del suelo es superior a 6.5 o si han transcurrido más de 4 a 7 años sin haber sembrado lupino en el mismo.

Además, con la inoculación puede conseguirse un adelanto de la nodulación y de la fijación de nitrógeno ya que, con ella, la mayoría de los nódulos se sitúan sobre la raíz principal, contrariamente a la nodulación espontánea, cuyos nodulos suelen estar más repartidos sobre las raíces laterales (Chatel *et al.*, 1978).

También se han realizado trabajos de selección de cepas de *R. lupini* que han mostrado diferencias en cuanto a efectividad, existiendo interacciones cepa-especie y, en menor grado, cepa-variedad (Temprano *et al.*, 1982; Amerger *et al.*, 1984).

En diversos ensayos de inoculación de lupinos con *R. lupini*, realizados en varios lugares del mundo, se han obtenido resultados muy variables, según las condiciones particulares de cada uno de ellos. En suelos ácidos, con presencia de rizobio en el suelo, es frecuente la falta de respuesta productiva de la planta inoculada frente al testigo sin inocular; este es el caso de los estudios realizados en Andalucía durante varios años (cuadro 4) (Fuentes y López Bellido, 1988).

CUADRO 4. EFECTO DEL ABONADO NITROGENADO Y DE LA INOCULACIÓN CON DIFERENTES CEPAS DE *Rhizobium lupini* SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA DE LUPINO (*L. albus*, CV. MULTOLUPA).

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Proteína (%)	Grasa (%)
Testigo sin inocular	4.133	36.3	7.2
Testigo + N (*)	2.707	36.2	7.2
Cepa L- 27-4	3.921	36.4	7.4
Cepa L-13-4	3.577	36.8	7.47
Cepa OR-14	3.933	36.0	7.2

*100 kg/ha en la siembra.

En otros casos ha existido cierta respuesta inicial (incremento de la nodulación y color más verde de la planta) pero sin incremento productivo. Por el contrario, cuando no existe rizobio en el suelo sí suele producirse una clara respuesta del rendimiento a la nodulación. El cuadro 5 muestra el efecto de la inoculación de la semilla con *R lupini*

sobre el rendimiento de varios cultivares de lupinos en suelos básicos de la provincia de Córdoba (Fuentes y López-Bellido, 1988).

CUADRO 5. EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON *Rhizobium lupini* SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRES VARIEDADES DE *L. albus* EN SUELO BÁSICO (pH: 8.5, CO_3 Ca: 14.1%).

	Rendimiento (kg/ha)		
Variedad	Tratamiento	1984	1985
Plugsgela	Inoculada	954	=0=
	No inoculada	256	=0=
Kievski	Inoculada	1447	1128
	No inoculada	=0=	909
1895 INIA	Inoculada	1744	957
	No inoculada	250	603

2.8.- Técnicas de Cultivo

2.8.1.- Siembra

El suelo se prepara normalmente mediante una labor profunda con arado de vertedera o subsolador (Von Baer 1982), debido a la raíz pivotante y profunda de los lupinos, el uso del subsolador que favorece el desarrollo radicular, mejora la acumulación del agua en el suelo y da a la planta mayor resistencia a las heladas.

La siembra se realiza en otoño en las zonas cálidas (área mediterránea, América del sur, Africa, Australia y Nueva Zelanda), antes o después de las primeras lluvias, y en primavera temprana en las zonas templadas (Europa, Unión Soviética, Estados Unidos) (López Bellido, 1984).

Fuentes y López Bellido (1988), mencionan que el retraso de la siembra acorta la duración del período de crecimiento del cultivo, sobre todo, el número de días entre emergencia y floración. También se reduce la duración de la floración, ya que ésta concluye cuando aparece el déficit hídrico en el suelo, independientemente de la fecha de su comienzo. Por otra parte, a medida que se retrasa la siembra, la floración tiene lugar a un menor número de vainas por planta que, como ya se ha dicho, es el factor de máxima influencia sobre el rendimiento.

Todos los autores recomiendan siembras poco profundas entre 1 y 5 cm, por tratarse de una planta con germinación epigea, con emergencia de los cotiledones, la cual se ve dificultada a mayor profundidad (Girard y Lenoble,1979; Gross, 1982; Von Baer, 1982).

2.8.2.- Densidad de siembra

La densidad adecuada de plantas es variable en función de la especie y la época de siembra, y resulta más bajo a medida que las condiciones ambientales son más favorables (Withers, 1984). Los ensayos de densidades de plantas realizados en diferentes lugares del mundo han dado resultados muy variables siendo por ello aconsejable determinar las densidades de siembra adecuada en las condiciones ambientales de cada zona. Se recomienda densidades de plantas comprendidas de 45 a 50 plantas/m^2 en *L. angustifolius*, 25 a 80 plantas/m^2 en *L. albus* y 20 a 40 plantas/m^2 en *L. mutabilis*. Sin embargo, uno de los inconvenientes de las altas densidades de plantas es el mayor costo de la semilla (López -Bellido y Fuentes 1986).

En general se ha comprobado que la planta de altramuz tiene una alta capacidad para compensar las bajas densidades de plantas por el incremento del número de vainas de cada planta individual. Sin embargo, para ello es necesario que exista un periodo de floración tardío que favorezca un alto cuajado de vainas, lo que ocurre con siembras tempranas y primaveras lluviosas. En estos casos puede no haber respuesta significativa del rendimiento al variar la densidad de plantas.

En circunstancias diferentes se ha producido un incremento del rendimiento al aumentar la población hasta 40 plantas/m^2, estabilizándose o disminuyendo en las densidades superiores. De todo ello se concluye, que para *L. albus*, con densidades inferiores a 18 ó 20 plantas/m^2 los rendimientos son bajos (López-Bellido y Fuentes 1991).

En siembras tempranas y con alta pluviometría, las densidades óptimas son del orden de 20 a 25 plantas/m^2. En siembras tardías o con condiciones climáticas limitantes (baja pluviometría) la densidad de plantas debe incrementarse hasta un máximo de 40 plantas/m^2.

Al variar la distancia entre líneas (entre 30 y 70 cm) y no la distancia entre plantas han producido diferencias significativas en el rendimiento, si bien parece existir una tendencia de la bajas distancias entre líneas (30 cm) a dar rendimientos algo superiores (Fuentes y López Bellido,1988; Lhamby, 1989).

En un ensayo realizado en Brasil por Cury *et al.*, (1982) con el objetivo de determinar espaciamientos y densidades en diferentes épocas de siembra, encontraron que los mejores rendimientos de *Lupinus albus* se obtuvieron con una densidad de 5 a 10 plantas por m lineal pero con distancias entre surcos de 50 cm.

La cantidad de semilla por hectárea dependerá del tamaño de grano y de su porcentaje de germinación, que siempre convendrá conocer, ya que el poder germinativo puede ser disminuido por una defectuosa recolección mecánica (Nelson *et al.*, 1983).

2.8.3.- Control de malas hierbas

Las especies cultivadas tienen una débil capacidad para competir con las malas hierbas durante la fase inicial de su crecimiento, sobre todo cuando dicha fase tiene lugar en época de bajas temperaturas. López-Bellido y Fuentes (1991) y Von Baer (1982) coinciden en señalar que las malas hierbas constituyen uno de los principales factores que limitan el rendimiento del cultivo, dificultan la recolección, contaminan el grano recolectado e incrementan la población de malas hierbas en el cultivo siguiente (Von Baer, 1984).

Una medida para favorecer al cultivo en su competencia contra las malas hierbas es incrementar las densidades de plantas, sin embargo en Chile se ha observado que excesivas densidades lleva a un mayor ataque de enfermedades fungosas (Von Baer, 1982).

Jambrina (1983) señala que las malas hierbas que crecen en el lupino generalmente son las mismas que invaden los cultivos de los cereales y que la competencia se manifiesta desde los primeros estados de desarrollo.

La preparación del terreno antes de la siembra y las distintas especies que invaden el suelo son los factores principales a tener en cuenta a lucha contra las malas hierbas que crecen en el cultivo del Lupino (Jambrina , 1983).

El empleo de herbicidas es una práctica aconsejable en diferentes partes del mundo, entre las materias activas más frecuentemente ensayadas se encuentran trialato,

benfluorina y trifluralina en la pre-siembra. Mientras que en la pre-emergencia se utiliza simazina, nitrofeno, clortulorion, atrazina, acetocloro, prometrina o flurocloridone (López -Bellido y Fuentes, 1986; Takunov *et al.*, 1999).

Las experiencias obtenidas en España mostraron que los herbicidas con mejores resultados en el control de gramíneas e hierbas de hoja ancha en el lupino fueron atrazina, propazina; y simazina (Jambrina, 1983 ; López-Bellido y Fuentes 1991).

Recientemente en Alemania al evaluar diferentes herbicidas en el cultivo *L. Luteus* y *L. albus* se encontró que los más efectivos fueron Goltix WG, Fenikan y Harpun (Ditmann, 1999).

Los herbicidas usados para el control de la maleza durante el periodo vegetativo en el área de cultivo de lupino en Rusia, son super-fusilade, nabu, targa, zellek y furrore (Takunov, *et al.*, 1999).

El control mecánico en lupino es poco conocido, experimentos y resultados obtenidos indican que un control mecánico eficiente puede desarrollarse en pre y postemergencia escardando con un azadón sin daño significativo al cultivo (Klith, *et al.*, 1999).

2.8.4.- Fertilización

Casi todos los autores coinciden en que el altramuz generalmente no necesita abono nitrogenado (Cubero y Moreno, 1983; López-Bellido y Fuentes, 1991; Ayisi, *et al.*, 1992). Sin embargo, algunos recomiendan poca cantidad de 20 o 40 kg/ha al principio de su crecimiento antes del comienzo de la fijación del nitrógeno. Una cantidad mayor puede favorecerle el desarrollo de las malas hierbas sin beneficio para el rendimiento e incluso tener efectos negativos sobre el cultivo (Girard y Lenoble, 1979;

Postiglione, 1984; Fuentes y López Bellido, 1988; López-Bellido y Fuentes 1991; Cowling *et al.*, 1998).

Las raíces del *L. mutabilis* son capaces de liberar parte del fósforo bloqueado en el suelo y hacerlo asimilable (Gross, 1982). Nelson *et al.*, (1983) indican que el altramuz necesita doble cantidad de fósforo que el trigo en tierras nuevas, pero menos que éste en las viejas. La aplicación de fósforo es común en el cultivo de lupino. Cubero y Moreno (1983) indicaron que en EUA y en la unión de Sudáfrica generalmente se aplican de 300- 400kg/ha.

Una alta dosis de superfosfato aplicada cerca de la semilla, puede afectar a la emergencia de las plantas, por ser la semilla de altramuz bastante sensible a la concentración de sales, además de dificultar la absorción de potasio y manganeso. La dosis global de fósforo debe establecerse en función de la riqueza del suelo en éste elemento y disminuir a medida que el historial de abonado de la parcela sea mayor, la dosis recomendada oscila entre 30 y 120 kg/ha de $P_2 O_5$, según las condiciones del suelo (Girard y Leonoble, 1979; Gross, 1982; López Bellido, 1984; Postiglione, 1984).

En trabajos de abonado fosfórico, realizados en Andalucia durante dos años con *L.albus,* en suelo con niveles de fósforo asimilable de 13 a 14 ppm, con tres niveles de fertilizante (0.50 y 100 kg/ha de $P_2 O_5$) y dos formas de aplicación (extendido en toda la superficie y localizado cerca de la semilla), no se ha obtenido una respuesta clara del rendimiento al abonado fosfórico (Fuentes y López Bellido, 1988).

Cox (1978) evaluó el potasio como nutrimento del altramuz en suelos de Australia, comprobó que éste cultivo es asimilable a las deficiencias del potasio y menos eficiente en la extracción del potasio del suelo que los cereales. A nivel productivo, la deficiencia de potasio se manifiesta, principalmente por menor número de vainas por

planta y en menor grado por menos granos por vaina y menor peso de 100 semillas. También pueden presentarse síntomas morfológicos específicos de ésta deficiencia que son distintos según la especie. Además las plantas con deficiencia en potasio son más susceptibles al hongo *Pleiochaeta setosa*.

Las dosis utilizadas normalmente en el cultivo oscilan entre 50 y 120 kg/ha de K_2O (López Bellido, 1984). La aplicación de abono potásico cerca de la semilla, también puede reducir la germinación por exceso de sales, sobre todo si se siembra en suelo húmedo seguido de tiempo seco (Cox, 1978).

2.8.5.- Riegos

Aunque los lupinos son plantas con cierta resistencia a la sequía, resulta sensible a ella si se produce al principio de la fase vegetativa, antes del desarrollo de la raíz pivotante. La respuesta al riego se ha comprobado que tiene poca influencia sobre el rendimiento antes de la floración, pero el riego posterior a aquella si puede aumentarlo, al producirse más ramas e incrementarse el número de granos por vaina. Algunos investigadores recomiendan la aportación de 30 a 50 mm de agua durante la floración del primer orden de ramas, para incrementar su producción (Putnam, *et al.*, 1992).

Lemaire y Poulain (1984) encontraron que el riego al final de la floración disminuye los rendimientos e incrementan la humedad del grano, factores que resultaron correlacionados negativamente.

2.9.- Cosecha

La morfología de la planta de altramuz, con tallo rígido, inflorescencias terminales y vainas indehiscentes facilita la recolección mecánica con cosechadoras de cereales, en comparación con otras leguminosas (Fuentes y López Bellido, 1988). Por otra parte, el encamado no es frecuente salvo en regiones húmedas o en años con muy buenas condiciones ambientales para el crecimiento. En la Unión Soviética se ha ensayado con buen resultado el empleo de reguladores de crecimiento para evitar el encamado (Lenoble y Picard, 1980; Shutov, 1980; Fuentes, 1985).

La cosecha, generalmente se realiza a principios de verano en el cultivo de otoño-invierno y al final de verano o principio de otoño en primavera. Los problemas que se plantean en ambos casos son distintos. En las siembras de otoño pueden existir problemas de dehiscencia por lo que una vez alcanzada la maduración, no conviene retrasar la recolección, que deberá realizarse incluso cuando la base del tallo está todavía un poco verde. Es conveniente aprovechar los días frescos y húmedos o bien recolectar durante la noche o la madrugada para que se produzca un menor desgrane (Nelson, *et al.*, 1984).

Cuando se utilice la cosechadora de cereales, se recomienda hacerlo cuidadosamente, regulando bien la cosechadora, con el cóncavo suficientemente abierto y con baja velocidad de giro del cilindro, ya que si no se es cuidadoso la cosechadora puede dañar a la semilla de altramuz, rompiendo el tegumento y afectando a su porcentaje de germinación (Von Baer, 1982; Nelson, *et al.*, 1983).

En el Perú se cosecha el *L. mutabilis* (tarwi) con un contenido de humedad en la semilla de 8 a 12 %, según la localidad. Durante la temporada seca las plantas pueden permanecer varias semanas en el campo sin ser cosechadas ya que las vainas son

normalmente indehiscentes. Sin embargo, algunos ecotipos son dehiscentes, lo cual constituye una característica silvestre, que puede presentarse cuando hay muy poca humedad atmosférica. A fin de reducir el riesgo de la pérdida de semilla a causa de la dehiscencia de las vainas, se recomienda cosechar en las mañanas, ya que el rocío las mantiene húmedas y las hace más resistentes al desgrane. Los tipos vegetativos propensos al tumbado deben ser cosechados lo más pronto posible para evitar una disminución en la eficiencia de la recolección (Gross, 1982).

Sólo en regiones con elevada humedad, las vainas e incluso las semillas pueden ser infectadas por hongos y bacterias, provocando enfermedades primarias y secundarias. De esta manera, se produce la maduración precoz de la semilla que se manifiesta en el bajo peso de semillas y en una reducida viabilidad. Estos granos ya no pueden ser utilizados para la siembra, sin embargo, los contenidos de grasa y proteína no se afectan, de manera que puede ser utilizado como materia prima sin problema (Gross y Von Baer, 1977; Haq, 1993).

En las regiones donde el tiempo húmedo se prolonga durante la cosecha, es recomendable adelantarla antes de alcanzar la madurez, ya que la calidad del grano se afecta si se da un largo período entre la madurez de la semilla en el tallo principal y la muerte de la planta durante un clima húmedo. Los granos comienzan a enmohecer o a germinar dentro de las vainas. Para evitar esto, se hace un corte cuando las vainas del tallo principal estén secas, aunque las vainas de los tallos secundarios no estén completamente maduras (Gross, 1982).

2.10.- Almacenamiento

Gross (1982), señala que en regiones húmedas, el almacenamiento de los granos requiere especial atención y que el contenido de humedad no debe ser mayor a 13 %, si aumenta 2% más, habría que voltear los granos esparcidos o bien aplicarles aire a presión para que no se echen a perder. Las semillas con un contenido de humedad superior a 14 % no deben permanecer en sacos ni ser apilados unos sobre otros. Se recomienda disminuir la humedad de las semillas a 13 % como mínimo; sin embargo la temperatura del aire caliente no debe ser mayor de 40 °C, ya que afectaría la viabilidad de la semilla.

2.11.- Principales plagas y enfermedades

Según López Bellido y Fuentes (1991) la diversidad ecológica de las áreas en las que se cultivan los lupinos da lugar a una gama muy amplia de parásitos que pueden atacar a la planta con importancia variable en función de la utilización de la cosecha y de las prácticas culturales, además las plagas y las enfermedades, especialmente estas ultimas, varían según la especie de *Lupinus* que se trate.

Las enfermedades y el ataque de plagas puede ser variable en función del tipo de variedad (dulce o amarga).Las principales plagas ocasionadas por insectos que atacan a las cuatro especies de Lupinos domesticados se presentan en el cuadro 6 (Plancqueart, 1984).

CUADRO 6. PRINCIPALES INSECTOS QUE DAÑAN A LAS CUATRO ESPECIES DE LUPINOS DOMESTICADOS.

Etapa de afectación	Insecto	*L. albus*	*L. angustifolius*	*L. luteus*	*L. mutabilis*
Siembra-emergencia	**Dípteros**:				
	Phorbia platura	*X*			*X*
	Tipula sp.	X			
	Coleópteros:				
	Agriotes sp	X	X		X
	Colembolo:				
	Sminthurus viridis	X	X	X	
	Moluscos:				X
	Agriolimax agrestis	X			
	Arion hortensis	X			
Periodo vegetativo	**Lepidóptero**:			X	
	Heliothis punctigera	X	X		
	Díptero:				
	Phytomiza horticola	X			X
	Homópteros:				
	Acrythosiphon pisum	X		X	
	Aphis craccivora	X	X		
	Myzus persicae	X	X		
Floración recolección	**Lepidóptero**:				
	Helicoperva titicaceae	X			X
	Leptotes callangae				X
	Peridroma				X
	Heliothis punctigera	X	X	X	
	Heterópteros				
	Calocoris norvegicus	X			
	Adelphocoris lineolatus	X			
	Lygus rugulipenuis	X			

De acuerdo con López Bellido y Fuentes (1986) y Bevan y Berlander, (1999) los ataques de áfidos a los lupinos, son frecuentes en países como Australia, Brasil y Nueva Zelanda, principalmente en los cultivares dulces, constituyendo con frecuencia vías de transmisión de virosis.

Especies de *Heliothis* encontradas en el oeste de Australia y Sudáfrica, causan daños importantes en brotes, flores y vainas. Así mismo se mencionan en numerosos lugares insectos del suelo que atacan a las plantulas, barrenadores y minadores de tallos, brotes y hojas (López Bellido y Fuentes 1991).

Las principales plagas de los lupinos cultivados en España son *Phorbia platura* que atacan principalmente durante la fase de germinación y emergencia, puede ocasionar una pérdida considerable de plantas; y *Sitonia sp.* cuyas larvas destruyen los nódulos.

Pleiocheta setosa (mancha marrón de la hoja) y la antracnosis enfermedad fungal causada por la especie *Colletotrichum gloeosporioides*, aparecen como las enfermedades más extendidas y de mayor gravedad en los lupinos cultivados, sobre todo la antracnosis que es considerada como la enfermedad más frecuente y de mayor severidad que reducen considerablemente los rendimientos del lupino (Van Santen y Bowen, 1999).

El desarrollo de programas de mejoramiento genético de ***Lupinus*** se ha realizado con la intención de obtener genotipos con resistencia a esta enfermedad en las diferentes especies domesticadas. Así por ejemplo Van der Mey (1999) ha evaluando diferentes materiales en Sudáfrica, mientras que en el este de Australia, Luckett (1999) a evaluado la resistencia a esta enfermedad con diferentes genotipos de las especies *L. angustifolius* y *L. albus.* En América principalmente en chile también se realizan investigaciones con el mismo propósito (Von Baer *et al.*, 1999).

La presencia de la podedumbre de la raíz ocasionada por (*Fusarium sp., Phythum sp., Rhizoctonia sp.*) se ha encontrado también en la mayoría de los cultivos de lupinos (Nelson *et al.*, 1983; López Bellido y Fuentes 1991).

En el cuadro 7 se enlistan los principales hongos y virus que ocasionan enfermedades en las especies domesticadas de lupinos.

CUADRO 7. HONGOS Y VIRUS MÁS COMUNES QUE OCASIONAN ENFERMEDADES EN LOS LUPINOS DOMESTICADOS.

ETAPA	Plagas	*L. albus*	*L. angustifolius*	*L. luteus*	*L. mutabilis*
SIEMBRA-EMERGENCIA	*Pythium* sp.	X	X	X	X
	Rhizoctonia sp.	X	X	X	X
	Thielaviopsis basicola	X	--	X	X
PERIODO VEGETATIVO	*Ascochyta caulicola*	X	--	--	--
	Botrytis cinerea	X	X	X	X
	Colletotrichum gloeosporioides	XX	X		X X X
	Erysiphe polygoni o pisi	X	X X X	X	X
	Pleiochaeta setosa				
	Cultivo de invierno	XXX	X X X	--	--
	Cultivo de primavera	X	X	X	--
	Sclerotinia sp.	X	X	X	X
	Mosaico amarillo de judía	X	X	X X	X
	Mosaico del pepino	X	X	X	X
FLORACION-RECOLECCION	*Fusarium oxysporum*	X		X X X	X
	Fusarium japonicum	--	X X	--	--
	Phomopsis leptostromiformis	X	X X	X	--
	Uromyces sp.	X	X	X	X

XXX: altamente sensible; XX: medianamente sensible; X: existe en especies,--No existe información.

BIBLIOTECA CENTRAL

2.12.- Producción, cultivo y uso de los lupinos

2.12.1.- Producción, cultivo y uso de los lupinos en Europa

En Europa, la moderna expansión del cultivo del lupino empezó en 1780 con el rey Federico II de Prusia, quien cultivó semillas de *L. albus* importadas de Italia, irregularmente persistió el cultivo en el norte de Alemania durante los siguientes 60 años.

Posteriormente surgió un renovado interés por este cultivo en los años de la posguerra debido a la crítica necesidad de alimentos proteicos en Alemania durante la primer guerra mundial (1914-1918).

En 1928-29 el alemán von Sengbusch seleccionó el primer lupino bajo en alcaloides a partir de *L. luteus* y *L. angustifolius*, y más tarde se obtuvieron cepas dulces de *L. albus* surgiendo de esta manera la moderna mejora del lupino como cosecha en grano y forraje (Gladstone, citado por Muzquiz, 1988).

El mayor cultivo en el norte de Europa ha sido el *L. luteus* debido a su mejor adaptación para las costas ácido-arenosas del Báltico.

En Alemania el cultivo de los lupinos dulces aumentó de 2 ha en 1931 a 78,000 en 1938. Después de la segunda guerra mundial hubo una transferencia de lupinos de Alemania a Polonia. En este país hubo gran interés tanto por los lupinos dulces como por los amargos, de tal manera que en 1964 la superficie de cultivo del lupino en Polonia se estimó en cerca de 400,000 ha de las cuales 300,000 eran de variedades dulces y el resto amargas. Al igual que Alemania la especie de mayor producción es el *L. luteus,* con pequeñas áreas de cultivo de *L. angustifolius* y *L. albus* (Gladstone, citado por Muzquiz, 1988).

Asimismo hubo un gran interés de los lupinos dulces en la URSS, ya que el área sembrada subió de 194,000 a 1´150,000 ha en 1960. Las especies usadas han sido *L. luteus* en Bielorusia, Norte de Ucrania y Estados del Báltico, *L. angustifolius* en la parte central y del Norte y *L. albus* esta ganando terreno en Ucrania (Muzquiz, 1988).

Actualmente el cultivo del lupino en la zona del mediterráneo es de solo 15,000 ha. *L. albus* es la especie mayor cultivada utilizada principalmente para consumo animal, seguida de *L. luteus* destinada principalmente como forraje de borregos. Asimismo se han realizado pruebas para introducir *L. mutabilis*, debido a su característica de crecer en suelos ácidos y poco fértiles, así como en zonas semiaridas, en donde podría ser introducido como cultivo en rotación (Cubero y López Bellido 1986).

2.12.2.- Producción, cultivo y uso de los lupinos en América

Región sur

En países con tradición en el uso de lupinos (particularmente Sudamérica), existe un importante suministro de alimento para consumo humano. Estos alimentos son preparados siguiendo el tradicional desamargado de *L. mutabilis* en Bolivia y Perú (Hinojosa y Torrico, 1990) o utilizando variedades dulces de *L. albus* en Chile (Egaña, *et al.*, 1992).

L. albus fue llevado a Sudamérica por los inmigrantes del sur de Europa en donde fue cultivado, sin llegar a escala comercial, excepto en Chile en donde actualmente es ampliamente cultivado a escala comercial sobre todo en la zona sur de este país y es utilizado en la alimentación humana y animal (Von Baer, 1990).

El cultivo de *L. albus* en chile se inicio en los años setenta y la superficie sembrada fue aumentando paulatinamente de 329 ha a 10,500 en la temporada

1989/1990 (Von Baer, 1992). Recientemente en la región sur central de Chile con *L. angustifolius* se reportaron rendimientos promedio de grano de 3.1 t/ha (Tay, *et al.*, 1999).

En sudamérica *L. mutabilis* fue la especie verdaderamente interesante, durante miles de años jugó un papel importante en la alimentación de los pueblos andinos de Perú, Ecuador y Bolivia, ya que los restos más antiguos se han encontrado en relieves de la cultura Chavin (500 a. C.- 200 d. C.) (Gross, 1982).

Durante el Imperio Inca el tarwi (*L. mutabilis*) fue ampliamente cultivado desde Venezuela hasta el Norte de Argentina y Chile; sin embargo, su cultivo ha ido disminuyendo y actualmente sólo se le puede encontrar cultivado en alturas de 2,500 y hasta más de 4,000 m o en forma silvestre a orillas de caminos y en los bordes de los campos de maíz, como protección del ganado. Estos cultivos no sobrepasan la media hectárea y es sembrado sin abono en rotación papa-cebada-lupino. En la actualidad es un importante componente de la dieta de muchos campesinos de esa región, quienes todavía quitan el sabor amargo de las semillas como sus antepasados por calentamiento y lavado en agua corriente (Gross, 1982).

Los lupinos primitivos de América, posibles ancestros de *L. mutabilis*, como *L. douglasii* (del este y centro de Norteamérica) y *L. ornatus* (del oeste y centro de Norteamérica), fueron alimento de los pobladores de estas regiones. Estas dos especies, probablemente entraron a Sudamérica como plantas semidomesticadas, con las tribus que emigraron al sur en la época precolombina, por lo que se cree que *L. mutabilis* se origino después de una fase de hibridación (Simmonds, 1976).

Por su alto contenido de proteínas y aceite, actualmente se ha incrementado el interés por *L. mutabilis* en diversos países como Alemania, Portugal, Chile y España, en donde se han obtenido variedades mejoradas (Cubero y López Bellido, 1986).

Región norte

En los últimos años, se han introducido especies de lupinos del viejo mundo como *L. albus* a Norteamérica en países como USA y Canadá donde se han utilizado principalmente como forraje para ganado en inviernos tardíos (Van Santen, et al., 1999).

En el valle de Sacramento California se han reportado producciones de *L.albus* de 4000 kg/ha (Kearney, 1999).

2.12.3.- Producción y cultivo de los lupinos en otras partes del mundo

En Sudáfrica se han cultivado lupinos dulces debido a su clima mediterráneo y suelos arenosos, en donde se ha concluido que *L. albus* puede ser una contribución sustancial a la agricultura, debido al valor proteico de su semilla, el uso del cultivo como forraje y mejorador de suelos (Wassermann, 1983).

En 1959 se introdujeron variedades dulces de *L. angustifolius* y *L. luteus,* a Australia pero quedaron en desuso durante muchos años sin embargo, en la década de los 70s se retomo *L. angustifolius* (lupino de hoja angosta) para sembrar 12,500 ha por el fitomejorador Dr. Gladstone y desarrollo nuevas variedades para Australia. En la actualidad representa uno de los cultivos más importantes de ese país, ya que se estima una superficie sembrada de 1.2 millones de ha, con un beneficio económico aproximadamente de US D 198.6 millones anuales (Pannel, 1998).

En otros ensayos de rendimiento en el Sur de Africa con la especie *Lupinus albus* y bajo diferentes ambientes Van der Mey (1999) reportó rendimientos promedio de 2.6 t/ha, dicho rendimiento estuvo correlacionado negativamente con la alta temperatura.

2.12.4.- Producción y cultivo de lupinos en México

El primer reporte sobre la introducción y selección de lupinos realizada en nuestro país fue realizada por Concha y Miranda (1993), al estudiar la adaptación del tarwi (*L. mutabilis*) en el Valle de México, cuyo objetivo principal fue evaluar el comportamiento agronómico, rendimiento, contenidos de proteínas y aceite de 23 ecotipos de Perú. Los resultados indicaron un rendimiento de semilla por planta de 16.79 y 55.62 g , mientras que el contenido de proteína vario de 41 al 46% por lo que se concluyó que el tarwi representa una opción para utilizarse como fuente alimenticia en las zonas altas del valle de México.

Posteriormente Martínez y Zamora (1995), en Marín, Nuevo León sembraron 26 entradas de *L. albus* de diferentes países de Europa, con el objetivo de evaluar su adaptación y rendimiento, sin embargo, ninguno de los genotipos mostró adaptación a las condiciones ambientales de la región, concluyendo que el factor edáfico fue mayor limitante, ya que las plantas mostraron altas deficiencias de hierro.

Por su parte, Quíntero (1997) evaluó el rendimiento y adaptación de cuatro variedades de *L.albus* procedentes de EUA en Zapopan, Jalisco bajo condiciones de riego, durante el ciclo otoño-invierno.

Los rendimientos de los cuatro genotipos fluctúo de 1.6 a 2.3 ton/ha, similares a los obtenidos en otros países, por lo que se consideró una respuestas favorable a las condiciones ambientales de Zapopan. Sin embargo, recomendó otras variedades no solo de esta especie, si no también de otras especies cultivadas.

III CONCLUSIONES

1.- Estudios realizados en la región de Zapopan, Jalisco indican que *L. albus* presenta una adaptación favorable a la región ya que los rendimientos de grano obtenidos (2000-2500 kg/ha) son similares o superiores a los que se obtienen en países donde se cultiva tradicionalmente esta especie.

2.- La alta producción de grano y forraje obtenido en diversos estudios, ha demostrado que sus rendimientos son superiores a otras leguminosas tradicionalmente consumidas como alimento para humanos y/o animales.

3.- Estas especies como otras leguminosas son capaces de asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno, por lo que su cultivo en un sistema de rotación con gramíneas permitirá un ahorro de fertilizantes químicos.

4.- Por sus características nutricionales similares a la soya, las especies del género *Lupinus* pueden jugar un papel muy importante en la alimentación animal en nuestro país.

5.- Impulsar el cultivo de *Lupinus* en regiones de nuestro país con características ambientales favorables para esta leguminosa, podría ser de gran importancia como una fuente alternativa de proteínas.

RECOMENDACIONES

1.-De acuerdo a la bibliografía consultada en este trabajo, se observó que se han realizado algunos estudios de adaptación de diferentes especies de *Lupinus*, los cuales, en general han mostrado buena adaptación y rendimientos a las condiciones edafoclimáticas de algunas regiones de nuestro país, sin embargo, se recomienda realizar estudios de factibilidad económica de estas especies para implementar su cultivo en forma extensiva.

IV LITERATURA CITADA

Agosin, E., Díaz D., Aravena R. and Yáñez E. 1989. Chemical and nutritional characterization of lupine tempeh. J. Food Sci. 54:102-107.

Amerger, N., G. Somer, J-J Giraud y B. Lagacherie. 1984. *Rhizobium lupini*: Presence et survie dans les sols, sélection des souches et inoculation des semences des lupin. Proceedings 111rd. International Lupine Conference. La Rochelle. France.

Ayisi, K. K., Putnam D. H., Vance C. P. and Graham P. H. 1992. *Bradyrhizobium* Inoculation and Nitrogen Fertilizer Effects on Seed Yield and of White Lupin. Agron. J. 84: 857-861.

Ballester, D., Yáñez E., Garcia R., Erazo S., López F., Haardt E., Cornejo S., López A., Pokniak J. and Clinton O.Ch. 1980. Chemical composition, nutritive value and toxicológical evaluation of two species of sweet lupine (*Lupinus albus* and *Lupinus luteus*). J. Agric. Food Chem. 28:402-405.

Beltekey, B. I. Kovacs y P. Desbrosses. 1983. Le lupin. Ed. Unapel. Romorantin. France.

Bevan, J. Buirchell and Francose A. Berlander. 1999. Breeding for aphid resistance in yellow lupins (*Lupinus luteus*). Abstracts: 9th International Lupin Conference. Germany.

Chatel, D. L., A. D. Robson, J. W. Gartrell y M. J. Dilworth. 1978. The effect of inoculation and cobalt application of the growth and nitrogen fixation by sweet lupins. Aust. J. Agric. Res. 29: 1191-1202.

Concha, Tupayachi L. 1992. Introducción y selección de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el valle de México. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados. U.A.CH. Mèxico.

Concha, T. L. y Miranda C. S.1993. Evaluación de variedades de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el valle de México. Agrociencia. Serie Fitotecnia. Vol. 4 : (1) pp. 97 -113.

Cowling,W.A., C. Huyghe and W. Swiecicki.1998. Lupins as crop plants. CAB International. NY. USA.

Cox, W. J. 1978. Potassium deficiency in lupins. J. Agric. Western Australia. 19: 27-31

Cubero, J. I. y Moreno M. T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundi-Prensa. España.

Cubero, J.I. y López-Bellido L. 1986. The potential of lupins in agriculture of the Mediterranean basin. Proc. IV Inter. Lupin Conf. Geraldton, Western Australia.

Cury, B., Alberini, J. L. y Cataneo, A. 1982. Efecto del esparcimiento y densidad en la producción de materia verde y granos de altramuz (*Lupinus spp.*). II Conferencia Internacional del Lupino. Madrid, España.

Dittmann, B. 1999. Possibilities of chemical weed-control in yellow and white lupins. In: Abstracts . 9th International Lupin Conference. Germany.

Dunn, D. B. 1971. A case of long range dispersal and rapid speciation in lupin. Trans Missori Acad. Sci. 5. 26-38.

Duthion, C. y N. Amerger. 1982. Effects of inoculation on the yield and notrogen content of two species of lupine growing in neutral or slightly calcareus soil. Actas de la II Conferencia Internacional del Lupino. Torremolinos. España.

Edwards, A. C. and van Barneveld R.J. 1998. Lupins for livestock and fish. Chap 13. Lupins as crop plants. Biology, production and utilization. Edited by Gladstones J.S., C. Atkins and J. Hamblin. CAB International. UK.

Egaña, J. I., Uauy R., Cassorla, X, Barrera, G. y Yañez, E. 1992. Sweet lupin protein quality in young men. J. Nutr. 122: 12, 2341-2347.

Farrington, P. 1976. Fruit development and associated changes in the distribution of dry weight and nitrogen in *Lupinus angustifolius* cv. Uniharvest and *L. consentinii* selection CB12. Aust. J. Exp. Anim. Hubs. 16: 387- 393.

Fuentes, M., López Bellido y Ruiz-Calero. 1982. Evaluación agronómica de variedades de tres especies de altramuz (*L. albus, L.angustifolius y L. Luteus*) en el sur de España. Actas de la II Conferencia Internacional del Lupino. Torremolinos, España.

Fuentes, M. 1985. Caracterización agronómica del altramuz cultivado (*L. albus, L. angustifolius, L. luteus y L. mutabilis Sweet*). Tesis doctoral. Univ. De Córdoba, España.

Fuentes, M. y López Bellido L. 1988. El altramuz, una fuente alternativa de proteínas. El campo. 108. 55-60

Furgal, J.F. 1974. An evaluation of seed yield, protein content an other agronomic characteristic of the genus Lupinus. Ph. D. Univ. of Manitoba. Canada.

Garside, A. L. 1979. Effect of sowing time on the development, yield and yield components of *Lupinus angustifolius and L. luteus* in northern Tasmania. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hubs. 19: 64-71.

Girard, C. y M. Lenoble. 1979. Bientot un noveau proteagineux: Le lupin. Perspectives Agricoles. 31: 24-29.

Gladstones, J. S. y G. D. Hill. 1969. Selection for economic characters in *Lupinus angustifolius* and *L. digitatus*. 2. Time of flowering. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hubs. 9: 213-220.

Gladstones, J. S. 1970. Lupins as crop plants. Field Crop Abstr. 23: 123-148.

Gladstones, J. S. 1974. Lupins of Mediterranean region and Africa. West Aust. Dept. Agr. Tech. Bull. 26.

Goldstein, W. 1984. Growth types of white lupin and their suitability for cropping in the pacific nortwest EUA. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. Francia.

Greenwood, E. A. N., P. Farrington y J. D. Beresford. 1975. Characteristics of the canop root system and grain yield of a crop of *Lupinus angustifolius* cv. Unicrop. Aust. J. gric. Res. 26: 497-507.

Gross, R.; Von Baer, E. 1977. Posibilidades del *Lupinus mutabilis* and *Lupinus albus* in the Andean countries. Arch. Latinoamer. Nutr. 27: 451-474.

Gross, R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*). Estudio FAO No. 36. Producción y Protección vegetal. 8: 13-27, 58-60. Roma, Italia.

Gross, R. 1986. Lupins in the old and new world. A biological culture coevolution. Proc. IV Intern. Lupine Conf. 244-277. Gerarldton, Western Australia.

Haq, N. 1993. Underutilized crops. Pulses and vegetables. Edited by J.T. Williams. Published by Chapman & Hall. London, U.K.

Hernández, J. E. y J. León. 1992. Cultivos marginados de la región andina, granos y leguminosas andinas. FAO.

Hill, G. D. 1977. The composition and nutritive value of Lupin seed. Nutr. Abstr. Rev., B.- 47: 511-529.

Hutchenson, T. C. 1968. A physoplogical study of *Tencrium scorodnia* ecotypes which differ in their susceptibility to lime induced chlorosis and lime deficient chlorosis. Plant and Soil. 28: 81-105.

Islam, R. 1978. The role of symbiotic nitrogen fixation in food legume production. Proc.Food Legume Improvement and Development. Univ. Aleppo-Siria. ICARDA. 2-7.

Jambrina, A. J. 1980. Introducción al cultivo del *Lupinus* (Altramuz). Editado por: Comunicaciones I.N.I.A. Serie producción vegetal. No 26. 18 pp. Madrid, España.

Jambrina, A. J. 1983. El empleo de herbicidas en el Altramuz (Lupino). Hoja Técnica. I.N.I.A. Madrid. p.13.

Kearney, T. E. 1999. Using a mixture of field peas with white lupin to reduce extreme variations in production. In: Abstracts. 9th International Lupin Conference. Germany.

Klith, R. J., Melander Bo, Jørnsgard and Nis Callen. 1999. Mechanical weed control in lupins. In : Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Lemaire, L. y D. Poulain. 1984. Consequences de lirrigation du lupin blanc de printemps dans louest de la France. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. Francia.

Lenoble, M. and J. Picard. 1980. Lupin: ou est-on..Cultivar. 127: 38-40.

Lhamby, J. C. B. 1989. Influencia de la época de siembra, de la densidad y del cultivar en el crecimiento y rendimiento de *Lupinus albus* L. Tesis Doctoral. Univ. de Córdoba España.

López Bellido, L. 1984. World report on Lupin. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. France.

López-Bellido, L. and M. Fuentes. 1986. Lupin as an alternative source of protein. Advances in agronomy 40: 239-303.

López-Bellido, L. and M. Fuentes. 1990. Growth, and yield components of Lupin cultivar. Agron. J. 82: 1050-1056.

López-Bellido, L. y M. Fuentes. 1991. El altramuz. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. P. 48-49, 78. Córdoba, España.

Luckett, D. 1999. Breeding lupins for Eastern Australia. In: Abstracts: 9th International Lupin Conference. Alemania.

Martínez, R. M. y F. Zamora. 1995. Valor adaptativo de *Lupinus albus* en siembras de invierno en Marín N. L. Avances de Investigación. Facultad de Agronomía. U. A. N. L. México.

Morgan, E., et al., 1992. Algunas estrategias de captación de P por Lupino. 1ra. Conferencia nacional del Lupino. Temuco, Chile.

Muzquiz, E. M. 1988. Factores antinutritivos y tóxicos que afectan a la utilización de las semillas del *Lupinus hispanicus* Boiss et Reut para uso Alimentario. Tesis Doctorales. Madrid, España.

National Academy of Sciences. 1979. Tropical legumes: resource for the future. Report of an ad hoc panel of the Advisory Committee on Technology Innovation. Washington, D.C. USA.

Nelson, P., J. Hamblin and A. Williams. 1983. Lupins in the Geraldton region. Bull. no. 4079. West. Aust. Dept. Agric. Australia.

Nelson, P., C. Ralph y J. Hamblin. 1984. Development of the lupin industry in the Geraldton region, a case study in extention. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. France.

Pannel, D. J. 1998. Economic assessment of the role and value of lupins in the farming system. Chap 11. Lupins as crop plants. Biology, production and utilization. Edited by Gladstones J. S., C. Atkins and J. Hamblin. CAB International. UK.

Pascual, H. 1986. Altramuces de la Península Ibérica e islas Baleares. Comunicaciones I.N.I.A. Serie: Producción Vegetal. no. 67. Madrid, España.

Perry, M. W. y M. L. Poole. 1975. Field environment studies on lupinus. I. Developmental patterns in *Lupinus angustifolius* L., the effects of cultivar, site and planting time. Aust. J. Agric. Res. 26: 81-91.

Petterson, D. S. 1998. Composition and food uses of lupinus. Chap.12 In: Lupin as crop plants. Biology, production and utilization. Edited by Gladstones J. S., C. Atkins and J. Hamblin. CAB International. UK.

Planchuelo, A. M. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germoplasm resources. In: Advances in Lupin Research. Proc. VIIth Inter. Lupin Conf. Evora, Portugal.

Plancquaert, P. 1984. Protection integree des cultures de lupin. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. Francia.

Postiglione, L. 1984. La coltivazione del lupino. En "II lupino, una leguminosa antica con un nuovo futuro". Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma. 7-24.

Putnam, D. H. 1991. An interdisciplinary approach to the development of Lupin as an alternative crop. In: Proceeding of the Second National Symposium of New Crops, exploration, research and commercialization Edited by: Janick J. and Simon J. E. Purdue University.

Putnam, D. H., J. Wright, L A. Field, and K. K. Ayisi. 1992. Seed yield and water-use efficiency of white Lupin as influenced by irrigation, row spacing, and weeds. Agron. J. 44:557-563.

Quintero, R J. 1997. Potencial de rendimiento de *Lupinus albus* como cultivo de invierno en Zapopan, Jalisco. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara. México.

Rahman, M. S. y J. S. Gladstones. 1973. Temperature responses of lupin species during germination and flower development. J. Aust. Inst. of Agric. Science. 39: 259.

Rahman, M.S. y J. S. Gladstones. 1974. Effects of temperature and photoperiod on flowering and yield components of lupin genotypes in the field. Aust. J. Agric. Anim. Hubs. 14: 205-213.

Raza, S. J., L. Christiansen, B. Jornsgard and A. Mahmoud Samia. 1999. Calcium tolerance and ion uptake of Egyptian lupin landraces (*Lupinus albus*) on calcareous soils. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Reeves, T. G., K. A. Boundy y H. D. Brooke. 1977. Phenological development studies with *Lupinus angustifolius* y *L. albus* in Victoria. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hubs. 17: 637-644.

Ruiz, López M. A., García, L. P. M., Zamora N. J. F. y Ruiz M. J. 1997. Leguminosas Silvestres Fuente Alternativa de Alimento. Presencia Universitaria. Número 57 p.4 Universidad de Guadalajara.

Secretaria de Agricultura y Ganaderia (SAGAR). 1998. Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos. Importación. INEGI. Tomo 1.

Schoeneberger, H., Ildefonso C., Cremer, H. D., Gross, R. and Elmadfa I. 1982. Some antinutritive substances in lupines compared with other legumes. In: Agricultural and nutritional aspects of lupines. Proc. I Inter. Lupine Workshop. Lima-Cuzco, Perú 12-21 Abril. 1980. Edited by: Gross, R. and Bunting, E.S.

Shutov, G. K. 1980. Production, utilization and research work on lupine in the USSR. Proceedings of the first International Lupin Workshop. Lima. Peru. 849-854.

Simmonds, N. W. 1976. Evolution of crop plants. Published by Longman Inc. New York. EUA.

Sotelo, L. A., B. Lucas A. Uvalle and F. Giral. 1980. Chemical composition and toxic factors content of sixteen leguminous seeds (II). Quart. J. Crude Drug Res. 18: 9-16.

Takunov, I. P., A. S. Kononov and A. B. Dolgych. 1999. Herbicides in lupin cultivation in the European part of Russia. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Tang, C. 1996. Response of lupins to alkaline and acid soils. In: Abstracts: 8th International Lupin Conference. Monterey, California, USA.

Tapia, N. M. and C. Vargas. 1982. Wild lupine of the Andes of southern Peru. In: Agricultural and nutritional aspects of lupines. Proc. I Inter. Lupine Workshop. Lima-Cuzco. Edited by: Gross, R. and Bunting, E.S.

Tay, J. U., A. Valenzuela S. and F. Venegas R. 1999. Comparison of seed yield of winter grain legumes in Chile. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Temprano, F., R. Orive y D. N. Rodriguez. 1982. Selección de cepas de *Rhizobium lupini* en condiciones controladas. Actas de la II conferencia Internacional del Lupino. Torremolinos. España.

Van der Mey, J. A. M., P. S. van Wyk and P. Romer 1999. Selecting and breeding for resistance against *Colletotrichum gloeosporioides* or anthracnose in South Africa. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Van der Mey, J. A. M. 1999. Matching sweet white lupins (*Lupinus albus*) cultivar groups and environments in the summer rainfall areas of Southern Africa. In: Abstracts 9th International Lupin Conference.Germany.

Van Santen, E., Wojciech Ornatowski and Steve Noffsinger. 1999. Lupin forage trials in Alabama. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Van Santen, E., and Bowen K. 1999. Lupin disease trials in Alabama. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Von Baer, E. 1982. Sistemas de producción de *L. albus* en siembra invernal para grano. Actas de la II conferencia Internacional de Lupino. Torremolinos. España.

Von Baer, E. 1984. Technical antecedents of lupine production in the south Chile. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. France.

Von Baer, E. 1990. Lupino. Guía de producción y utilización. Editada por : Asociación Chilena del lupino. Chile.

Von Baer, D. et al., 1992. Proyecto FDP-Corfo. Normas de calidad del lupino. Resultados de cosechas 1989, 1990 y 1991 y conclusiones finales. 1ra. Conferencia nacional del Lupino. Temuco, Chile.

Von Baer, E., et al., 1999. Breeding for anthracnose-Tolerance. In: Abstracts 9th International Lupin Conference. Germany.

Wassermann, V. D. 1983. Sweet lupin (*Lupinus albus*): possibilities and cultural practices. Tech. Commun. Depart. Agricul. South-Africa. No.184, 8pp.

Withers, N. J. y E. A. Edge. 1979. Effects of waters tress on *Lupinus albus*. IV. Response to high temperature and adequate and restricted water. N. Z. J. Agric. Res. 22: 571-575.

Withers, N. J. 1984. Components of lupin seed yield. Proceedings 3rd. International Lupine Conference. La Rochelle. France.

Yañez, E. 1992. Perspectivas del Lupino dulce en la dieta humana. 1ra. Conferencia Nacional del Lupino. Universidad de la Frontera. Instituto de Agroindustria. Temuco Chile.

Zamora, J. F. y Ruiz López M. A. 1997. Las leguminosas. Su importancia en la alimentación humana y animal. Agrocultura. México. 21: 8

Zamora, N. J F. y Martinez, R. M. 1998. Valor adaptativo de *Lupinus albus* L. en Siembras de Invierno en Marin, N.L. Ciencia Agropecuaria FAUANL. Vol 8 (1): 23-30.