

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTOS GENOTIPIICOS Y AMBIENTALES SOBRE LA
PROPORCION DE CUBIERTA SEMINAL EN VARIETADES
DE *Lupinus luteus*.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad
de la Frontera, como parte de los requisitos para
optar al título de Ingeniero Agrónomo.

LEONARDO ANDRES ERICES MORALES

TEMUCO-CHILE

2010

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTOS GENOTÍPICOS Y AMBIENTALES SOBRE LA
PROPORCIÓN DE CUBIERTA SEMINAL EN VARIEDADES
DE *Lupinus luteus*.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad
de la Frontera, como parte de los requisitos para
optar al título de Ingeniero Agrónomo.

LEONARDO ANDRES ERICES MORALES
PROFESOR GUIA: MARIO MERA KRIEGER

TEMUCO-CHILE

2010

**EFFECTOS GENOTIPICOS Y AMBIENTALES SOBRE LA PROPORCION DE
CUBIERTA SEMINAL EN VARIETADES DE *Lupinus luteus*.**

PROFESOR GUIA:

MARIO FELIX MERA KRIEGER

Ing. Agrónomo, M. Sc, Ph. D.

Departamento de Producción Agropecuaria.

PROFESOR CONSEJERO:

HORACIO JULIO MIRANDA VARGAS

Médico Veterinario, M. Sc, Dr.

Departamento de Producción Agropecuaria.

CALIFICACION PROMEDIO TESIS:

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por CONICYT a través de proyecto FONDECYT 1070232.

INDICE

Capitulo	Página
1 INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1 Centro de origen e historia del lupino.	3
2.2 Morfología.	4
2.3 Taxonomía.	6
2.4 Caracteres agronómicos.	7
2.5 Calidad nutricional.	8
2.6 Producción y comercio mundial.	10
2.7 Situación nacional.	11
2.8 El lupino en la alimentación y nutrición animal.	11
2.9 Mejoramiento genético en <i>Lupinus luteus</i> .	12
2.10 Proporción de cubierta seminal.	13
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 Ubicación del experimento.	15
3.2 Clima.	15
3.3 Suelos.	16
3.4 Experimento de campo.	16
3.5 Muestreo y procesamiento de semillas.	18

3.6	Análisis estadístico.	18
4.	RESULTADOS	20
4.1	Clima	20
4.2	Proporción de cubierta seminal para los sitios de Maquehue y Carillanca en las épocas 1 y 2.	20
4.3	Peso medio de Grano para los sitios de Maquehue y Carillanca en las épocas 1 y 2.	22
4.4	Proporción de cubierta Seminal para la época 1 en los tres sitios.	23
4.5	Peso Medio de Grano para época 1 en los tres sitios.	24
4.6	Correlación entre Proporción de Cubierta Seminal y Peso Medio de Grano.	26
5.	DISCUSION.	27
6.	CONCLUSIONES.	28
7.	RESUMEN.	29
8.	SUMMARY.	30
9.	LITERARURA CITADA.	31

1. INTRODUCCION

La principal fuente de proteína vegetal a nivel mundial es la soya, con la cual se han sustentado prácticamente todas las aplicaciones de ingredientes vegetales en la industria de alimentos. En Chile por variadas causas no se ha logrado incentivar a escala industrial el cultivo de esta especie. Entre otras, por ser un rubro competitivo con el frijol de exportación en la zona central de Chile. Debido al desarrollo del sector acuícola en el sur de Chile se hace necesario buscar fuentes alternativas de proteína vegetal que satisfagan las demandas de este sector.

El lupino amarillo (*Lupinus luteus*), también conocido como lupino europeo, es una especie originaria de la región oriental del mediterráneo. Comenzó a ser domesticado a inicios del siglo XX en Alemania, donde se desarrollaron las primeras formas dulces para su utilización como fuente de proteína en la alimentación humana. Debido a su alta capacidad para producir follaje, fue introducida a Chile como especie forrajera en la década del '60.

El desarrollo de variedades menos ramificadas permitió ampliar sus usos hacia la producción de grano. El lupino amarillo es una de las especies vegetales con mayor contenido de proteínas en el grano, principal atributo nutricional que lo diferencia de otras especies de lupino. Entre las accesiones estudiadas en Chile, el contenido de proteína del grano descascarado fluctúa entre 46 y 58%, cifra muy superior a aquella que caracteriza al lupino blanco (*Lupinus albus*) y al lupino australiano (*Lupinus angustifolius*).

Una proporción muy elevada de la biomasa total queda en la cubierta seminal y la pared de la vaina en la mayoría de las especies de lupino a la madurez. Semillas de *Lupinus angustifolius* tienen energía metabolizable relativamente baja para cerdos y aves de corral, como consecuencia de su gran proporción de cubierta seminal, que es en gran medida de celulosa, hemicelulosa y pectinas.

Los beneficios potenciales de la reducción de cubierta seminal incluyen reducción del costo de descascarado y una mayor calidad de las semillas con respecto al contenido de proteína. Estas características pueden mejorar el valor del lupino para alimentación y otras aplicaciones.

De las especies de lupino agrícolamente importantes, tanto *Lupinus angustifolius* y *Lupinus luteus* tienen una alta proporción del peso de la semilla en la cubierta seminal con 24 y 25%, respectivamente. Esto se compara un poco con solo el 7% de la soya.

Cruzamientos para reducir la proporción de cubierta seminal tiene el potencial para aumentar la energía metabolizable, proteínas o aceite.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el efecto del genotipo y el ambiente sobre la proporción de cubierta seminal de quince variedades de *Lupinus luteus*.

Como objetivo específico se planteo evaluar cual es la significancia que tiene el genotipo sobre el carácter de proporción de cubierta seminal con respecto al ambiente.

Hipótesis nula:

No existen diferencias significativas para proporción de cubierta seminal entre los 15 genotipos evaluados.

Hipótesis nula:

No existe correlación entre proporción de cubierta seminal y peso medio de grano.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Centro de origen e historia del lupino.

Aunque el género *Lupinus* comprende más de 300 especies solamente algunas tienen importancia en agricultura. Estas son llamadas especies del viejo mundo: *L. albus* (lupino blanco); *L. luteus* (lupino amarillo) y *L. angustifolius* (lupino azul, de hoja angosta), todos ellos originarios del área mediterránea. El *L. mutabilis*, especie del nuevo mundo o lupino andino procedente de América del sur también pertenece a este género. La especie *L. albus* fue la primera en domesticarse en el siglo XVI, mientras *L. angustifolius* y *L. luteus* todavía eran silvestres (De Felipe, 2006).

El lupino amarillo comenzó a ser domesticado a inicios del siglo XX en Alemania, donde se desarrollaron las primeras formas dulces para su utilización como fuente de proteína en la alimentación humana. Sin embargo, fue su aptitud para uso como forrajera lo que atrajo la atención en Alemania, país desde donde se desplazó con ese propósito a Europa del Este. A fines de la segunda guerra mundial, la especie se extendió hacia el resto de Europa y Australia. Se introdujo a Chile en la década del 60. Las nuevas variedades creadas en Alemania a fines de los 80 se caracterizan por un hábito de crecimiento más determinado y mayor potencial de rendimiento, y han marcado un hito en el mejoramiento genético de la especie (Peñaloza *et al.*, 2006).

El género *Lupinus* establece simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium* de la familia *Rhizobiaceas*, bacteria de crecimiento lento con respecto a otros géneros de esta familia. Se considera una de las simbiosis más efectivas, ya que se calcula que fija aproximadamente 100-250 kg/ha de nitrógeno por año agrícola (López Bellido, 1994).

Las especies del género *Lupinus* crecen en un ancho rango de climas y están bien adaptadas a suelos pobres, ligeros y ácidos. Su potencial de fijación es de los más altos

(145-208 kg N/ha), siendo el nitrógeno residual que deja en el suelo de 40 a 75 kg/ha/año (De Felipe, 2006).

El lupino a diferencia de otras especies de leguminosas de clima templado, posee ciertas características singulares. Una de sus peculiaridades es formar raíces proteoideas, gracias a las cuales puede extraer fósforo en suelos con bajos contenidos de este elemento (De Felipe, 2006).

Actualmente en Chile se siembran solo dos especies de manera comercial, estas corresponden a *L. angustifolius* y *L. albus*. La primera se usa fundamentalmente para la elaboración de alimentos y la segunda como grano de exportación y alimentación de ganado y peces. La tercera especie de importancia agrícola que corresponde a *L. luteus* aun no es sembrada de manera comercial aunque tiene un alto potencial como cultivo, considerando su alto tenor proteico en el grano (38% del grano entero y 46-58% del grano descascarado) (Peñaloza *et al.*, 2006)

2.2. Morfología.

El género *Lupinus* está constituido por un grupo de especies herbáceas, excepcionalmente leñosas, de hábito de crecimiento erecto, con alturas que fluctúan entre 150-180 cm de ramificación profusa (*L. cosentinii*, *L. mutabilis*) a escasa (*L. albus*) apical en *L. mutabilis* y *L. albus* y basal a apical, conjuntamente en *L. angustifolius* y *L. luteus*. Las plántulas presentan cotiledones epigeos muy gruesos y carnosos de muy diversos tamaños siendo los de mayor tamaño y de peciolo más largo los de *L. mutabilis* y, los menores y más sésiles los de *L. luteus*. La raíz es pivotante y profundizadora, por lo general con abundante nodulación espontánea debida a *Rhizobium*, tanto en la raíz principal como en las laterales (Mora, 1980).

Los tallos y peciolos pueden ser pilosos como en *L. cosentini* y *L. luteus* a escasamente pilosos como en *L. albus* y *L. angustifolius*; completamente glabros

como en *L. mutabilis*. Las estipulas son sedosas, largas, angostas y concrecentes en la base. Las hojas son palmaticompuestas con foliolos en número de 5-11, de 2,5 a 8 cm de largo, pilosas en ambas caras como en *L. luteus* y *L. cosentini* y glabras por arriba y vellosas por abajo en *L. albus* y *L. angustifolius*. En *L. mutabilis* ambas caras son completamente glabras (Mora, 1980).

La inflorescencia es un racimo terminal de 10-30 cm de largo, de pedúnculos cortos, con flores verticiladas como en *L. cosentini* y *L. luteus* y con flores inferiores alternas y sub-verticiladas hacia el extremo distal en *L. angustifolius* y *L. albus*, con pedicelos cortos. Las brácteas son deciduas, lanceoladas y las bractéolas, pequeñas o ausentes (Mora, 1980).

Cáliz con labio superior mas corto, en cambio el inferior puede ser entero (*L. albus*, *L. cosentini*) bipartido, tripartido a dentado (*L. angustifolius*, *L. cosentini*) los lóbulos de *L. albus* son de igual longitud (Mora, 1980).

La corola puede ser azul, blanca o amarilla, pudiendo en otros casos ser intensamente purpura o roja (*L. mutabilis*), algunas formas blancas presentan un tinte azul purpura uniforme (*L. albus*) (Mora, 1980).

Las alas se encuentran fusionadas en el ápice. La quilla encierra al gineceo y androceo con estambres fusionados en la base (Mora, 1980).

El porcentaje de polinización cruzada es de 10% para *L. albus* y de 10-25% para *L. luteus*. Las vainas fluctúan entre 3,8-15 cm. Siendo 5-6 cm en *L. angustifolius* y *L. luteus*; 10-15 cm en *L. albus* y *lupinus mutabilis*. Son vellosas en la mayoría de las especies. Pueden abrirse con facilidad a la madurez como en *L. luteus*, *L. angustifolius* y *L. cosentini*. En *L. albus* y *L. mutabilis* en cambio, no hay dehiscencia marcada (Mora, 1980).

Las semillas son de variados tamaños, predominando las formas cuadrangulares en contorno y aplastadas (*L. albus*); ligeramente oblongas u ovaladas a redondeadas (*L. luteus*, *L. angustifolius*); formas lenticulares, redondeadas en su contorno y aplastadas (*L. mutabilis*) (Mora, 1980).

Los colores de la testa son variados en las formas semi-cultivadas y amargas (café, gris, púrpura, pardo amarillo, crema y blanco nacarado) en *L. mutabilis*. Los granos manchados, moteado-marmóreos y con tintes y formas más o menos definidas en torno al hilum (*L. mutabilis*, *L. angustifolius* y *L. cosentini*). Las semillas blancas y blanco-cremosas son, por lo general, las de menor contenido de alcaloides y pueden desarrollar tintes rosados uniformemente como en *L. albus* y *L. luteus*. En *L. angustifolius* se observa una mancha triangular sobre el hilum y una café pigmentada longitudinal bajo este de un color pardo rojizo (Mora, 1980).

2.3. Taxonomía.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Lupinus luteus*

Orden	Fabales
Suborden	Leguminosidae
Familia	Leguminosae (Fabaceae)
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	Genisteae
Subfamilia	Genistinae (Crotalariae)
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Luteus</i>

Fuente: Cowling *et al.* 1998b

2.4. Caracteres agronómicos.

Las especies del género *Lupinus* son altamente tolerantes al aluminio fitotóxico, cualidad muy importante considerando que los suelos del sur de Chile presentan altas concentraciones de este elemento. Peñaloza *et al.* (2003), señalan que las tres especies de lupino agrícolamente importantes (*L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*) pueden tolerar hasta un 42% de saturación de aluminio, siendo la especie más tolerante *L. luteus*.

French *et al.* (2001), concluyen que el establecimiento de *Lupinus luteus* es factible en suelos con una saturación de aluminio mayor a 10 ppm en donde las siembras de *Lupinus angustifolius* se ven limitadas. Así también, concluye que es una buena alternativa en sitios de Australia en donde las precipitaciones son bajas o hay una alta incidencia de mancha café (*Pleiochaeta setosa*).

Dentro de las especies de lupino cultivadas sobresale el lupino blanco por ser una de las pocas que es posible sembrar sin la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados (Tay *et al.*, 2009).

Al igual que las otras especies de lupino, *L. albus* obtiene el nitrógeno a través de la fijación simbiótica. No obstante, a diferencia de otras especies *L. albus* tiene la capacidad de solubilizar el fósforo retenido en el suelo debido a la excreción de ácidos orgánicos a través de estructuras radicales conocidas como raíces proteoideas (Peñaloza *et al.*, 2000). Los ácidos orgánicos movilizan el fósforo inorgánico retenido en compuestos de baja solubilidad como el fosfato de hierro, fosfato de aluminio y fosfato de calcio (Tay *et al.*, 2009).

También se ha demostrado que el lupino amarillo exuda ácidos orgánicos a través de sus raíces aunque en menor magnitud que el lupino blanco. Ello le otorgaría la habilidad para acceder al fósforo retenido en el suelo (Peñaloza *et al.*, 2006);

característica que, aunque en menor medida que el lupino blanco, lo convierte en una buena alternativa para el sur de Chile, donde el fósforo es altamente retenido en el suelo.

Los principales factores que limitan el rendimiento del lupino en el sur de Chile son las enfermedades fungosas, las cuales han tenido ciertos incrementos en su frecuencia de aparición. Entre ellas, la mancha café (*Pleiochaeta setosa*) y la antracnosis (*Colletrotichum gloeosporioides*) son las más relevantes, no solo por el nivel de pérdidas que pueden ocasionar, sino también por las dificultades que presenta su control (Galdámez y Peñaloza, 1995).

La mancha café afecta solamente a las especies *L. albus* y *L. angustifolius*, pero esta última es afectada más severamente. *L. luteus* es resistente a esta enfermedad, lo que lo convierte en una alternativa en los lugares donde la incidencia de esta enfermedad es alta (Peñaloza *et al.*, 2006). La antracnosis afecta a las tres especies de lupino, sin embargo, el lupino amarillo y el lupino blanco son los más afectados. En el sur de Chile solo se han encontrado casos aislados de ataque de esta enfermedad en *L. angustifolius* (Peñaloza *et al.*, 1995).

2.5. Calidad nutricional.

Las especies de lupino se caracterizan por poseer un alto contenido de proteína en el grano. Esto debido a la alta eficiencia de traslocación de nitrógeno desde las hojas a los granos y la fijación de nitrógeno durante el llenado de éstos (López y Fuentes, 1991).

Sus bajos niveles de almidón y altos niveles de carbohidratos fermentables lo hace un alimento altamente deseable para rumiantes debido al bajo riesgo de acidosis (lupins.org).

Entre los factores antinutricionales característicos del grano de lupino, los alcaloides corresponden a aquellos de mayor relevancia en la alimentación animal y humana. Su límite máximo permitido en el país es de 0,05% (Peñaloza *et al.*, 2006).

Otro de los factores antinutricionales de interés en el lupino, y generalizado prácticamente a todas las especies vegetales son los fitatos. Esto debido a que tales compuestos almacenan alrededor del 80% del fosforo presente en el grano, el que puede ser removido solo mediante la acción de enzimas conocidas como fitasas. La reducción de fitatos es de extrema importancia para la alimentación de peces y monogástricos en general, debido a que estos no metabolizan este compuesto y por ende son excretados al ambiente (Peñaloza *et al.*, 2006).

Peñaloza *et al.* (2006), señalan que en accesiones de *L. luteus* evaluadas en el país, el 50% estaba bajo el 0,05% de alcaloides, para un rango que fluctuó entre 0,01 y 0,8%. El rango para la concentración de fitatos fue de 0,8 a 2%.

Tabla 2. Composición química (%) de diferentes granos de lupino (base materia seca)

Especie de lupino	Proteína Cruda	Extracto etéreo	Cenizas	Fibra Cruda
<i>L. albus</i>	33-38	9-12	3-4	12-14
<i>L. angustifolius</i>	27-34	5,5-6,5	3-4	16-17
<i>L. luteus</i>	39-41	5-6	3-4	18-20
<i>L. mutabilis</i>	40-46	17-23	3-4	10

Fuente: (Mac-Auliffe, 1996)

2.6. Producción y comercio mundial.

Según datos de la FAO, (2009) la superficie mundial de lupino se ha visto fuertemente reducida en los últimos 9 años a menos de la mitad cubriendo hasta el último ejercicio (2008), solamente 616.000 ha.

Aunque con fluctuaciones más amplias, que se explican por las variaciones de rendimientos, la producción mundial de lupino muestra una tendencia en igual sentido, que se ha manifestado especialmente en los años 2006 y 2007, en particular durante este último, cuando se llegó al mínimo de 650.000 toneladas producidas (ODEPA, 2010).

La disminución de superficie y producción es atribuida más bien a Australia que es el mayor productor de lupino en el mundo. En este país se vio fuertemente disminuida la superficie de cultivos anuales en general debido a eventos de sequía (ODEPA, 2010).

La disminución de siembras y producción ha traído consigo una baja en las exportaciones y una tendencia alcista de los precios medios. Estos llegaron a su máximo relativo durante la temporada 2007-2008 revirtiéndose durante la temporada 2008-2009 debido fundamentalmente a un aumento en los rendimientos, lo que compensa la menor superficie sembrada (ODEPA, 2010).

Para la temporada 2009-2010 se muestra una nueva disminución de la superficie mundial sembrada, llegando esta vez a 483.000 ha, estimándose una producción de 614.000 toneladas (ODEPA, 2010).

2.7. Situación nacional.

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) citado por ODEPA, (2010) la superficie cultivada con lupinos en Chile ha sufrido altibajos en las últimas temporadas, mostrando una expansión en las temporadas 2001-2002 y 2005-2006 que culminó con un record de 28.490 hectáreas sembradas en el último año de dicho periodo. Tal situación fue producto de la fuerte demanda de la industria de alimento para salmones motivo del encarecimiento de la harina y aceite de pescado, lo que las obligó a buscar fuentes energéticas y proteicas más baratas.

Para la temporada 2007-2008 la superficie cultivada con lupinos sufre una fuerte caída llegando a sembrarse 10.000 hectáreas de las cuales la mayoría correspondió a lupino amargo (ODEPA, 2010).

Finalmente para la temporada 2009-2010 la superficie sembrada sube a 20.000 hectáreas debido a una reactivación de la demanda por parte de la industria de alimento para salmones (ODEPA, 2010).

2.8. El lupino en la alimentación y nutrición animal.

Serrano (2004), en ensayos realizados con truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) demostró que reemplazos de hasta un 20% de la harina de pescado por harina de lupino blanco en las dietas de estos peces no producían efectos significativos en el rendimiento productivo y en la composición de ácidos grasos en comparación a dietas basadas solamente en harina de pescado. Así también, Hettich (2004), en ensayos para digestibilidad del lupino blanco en las dietas para truchas demuestra la potencialidad de la inclusión de lupino en la misma cantidad es recomendable.

Bórquez (2008), en trabajos con salmónidos en el sur de Chile ha demostrado que dietas sustituidas hasta en un 30% con lupino blanco no afectan el rendimiento y la digestibilidad en comparación a una dieta control sin lupino.

Se ha estudiado la inclusión de *Lupinus luteus* en raciones de cerdos destetados con y sin suplementación de enzimas proteolíticas, llegando a la conclusión de que raciones formuladas con menos de 150g/kg de lupino amarillo es posible y que la suplementación con enzimas aumenta mucho mas la digestibilidad proteica del lupino (Kim *et al.*, 2008).

Rojas y Catrileo (1998), en ensayos con novillos para carne concluyen que la incorporación de granos enteros de lupino en las raciones no tuvieron diferencias significativas en comparación al grano molido y que el consumo fue mayor con *Lupinus angustifolius* en comparación a *Lupinus albus*.

Se ha estudiado la incorporación de diferentes porcentajes de alcaloides provenientes de granos de lupinos amargos y dulces en raciones de ponedoras los cuales no presentaron diferencias significativas tanto en la calidad externa e interna del huevo. Se determinó que los alcaloides en huevos se transfieren en una cantidad 100 veces menor a la considerada como toxica. No se presentó mortalidad en los grupos experimentales durante los 5 meses del experimento (Cubillos, 1996).

2.9. Mejoramiento genético en *lupinus luteus*.

Los lupinos en estado silvestre presentan características que posibilitan su supervivencia como son: semillas duras (impermeables al agua), vainas dehiscentes que facilitan la diseminación de las semillas y una alta concentración de alcaloides como mecanismo de defensa natural contra insectos y herbívoros. El mejoramiento

genético moderno comenzó en Alemania en 1928 cuando se encontraron mutantes naturales de *L. luteus* que contenían una baja concentración de alcaloides, vainas indehiscentes y semillas blandas (lupins.org).

El mejoramiento genético en Chile, particularmente en la región de la Araucanía con *Lupinus luteus* esta enfocado principalmente en la calidad proteica y en la reducción de factores anti-nutricionales como lo son los fitatos en el grano. Así también, se busca aumentar los rendimientos de grano e industrial (Aravena *et al.*, 2010).

Lagunes-Espinoza *et al.* (1999), en trabajos realizados con *Lupinus albus* demostraron que los bajos índices de cosecha estaban asociados a la alta proporción de pared de la vaina y que el número y peso de semillas se relacionaban de manera inversa con esta.

En *Lupinus luteus* también se ha encontrado una leve correlación negativa entre el número y peso de semillas con la proporción de pared de la vaina (Clements *et al.*, 2005).

2.10. Proporción de cubierta seminal.

El lupino amarillo, al igual que *L. angustifolius*, tiene un alto porcentaje del peso de la semilla en la cubierta seminal (25%) y una buena parte de la materia seca de la vaina queda en sus paredes (42%) (Clements *et al.*, 2002).

La cubierta seminal en leguminosas está constituida por tres capas: la capa externa en empalizada, la capa interna o parénquima y la capa del medio conocida como reloj de arena, de las cuales la primera es la responsable del grosor de las cubiertas

seminales. Semillas de lupino rugosas y duras, tienen una mayor capa en empalizada que semillas lisas y por lo tanto su grosor es mayor (Miao *et al.*, 2001).

La selección por rendimientos resultaría en incrementos de cubierta seminal, puesto que los componentes de esta son menos costosos de producir que la proteína y el aceite. No obstante, la selección de genotipos de semillas más grandes es recomendable para mejorar la proporción de cubierta seminal y pared de la vaina. Así también, cruzamientos de genotipos que tienen bajo porcentaje de cubierta seminal con genotipos de alto peso de semilla pueden disminuir aun mas el porcentaje de cubierta seminal (Clements *et al.*, 2005).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento.

Los sitios en donde se realizaron los trabajos correspondieron a Perquenco (38°25' latitud sur, 72°29' longitud oeste), ubicado en la Comuna de Lautaro; Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de investigación Carillanca, ubicado en el sector General López (38°41' latitud sur, 72°25' longitud oeste), comuna de Vilcún y el Centro Experimental Maquehue ubicado en la comuna de Freire. Todos pertenecientes a la región de La Araucanía, Chile.

3.2. Clima.

La comuna de Lautaro, presenta un régimen térmico que se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 24,3 °C y una mínima de julio de 3,9 °C. El periodo libre de heladas es de 193 días, con un promedio de 18 heladas por año. Registra anualmente 1051 días-grado y 1908 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1389 mm, un déficit hídrico de 461 mm y un periodo seco de 5 meses (Santibáñez *et al.*, 2003).

La Comuna de Vilcún, presenta un régimen térmico que se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 23,6 °C y una mínima de julio de 3,9 °C. El periodo libre de heladas es de 176 días, con un promedio de 18 heladas por año. Registra anualmente 885 días-grado y 2264 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1815 mm, un déficit hídrico de 373 mm y un periodo seco de tres meses (Santibáñez *et al.*, 2003).

En la comuna de Freire, el régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 24,1 °C y una mínima de julio de 4,1 °C. El periodo libre de heladas es de 215 días, con un promedio de 14 heladas por año. Registra anualmente 1142 días-grado y 1574 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1342 mm, un déficit hídrico de 439 mm y un periodo seco de tres meses (Santibáñez *et al.*, 2003).

3.3. Suelos.

La comuna de Lautaro pertenece a la Serie Perquenco, Familia Perquenco, en donde los suelos son franco arcilloso limoso y presentan una profundidad que varia de 40-70 cm (Mella y Kuhne, 1985).

La comuna de Vilcún, ubicada en la Serie Vilcún, Familia Temuco, presenta suelos delgados a moderadamente profundos de drenaje bueno a imperfecto en áreas deprimidas. Son suelos de texturas medias y de colores pardos a pardo amarillento (Mella y Kuhne, 1985).

La comuna de Freire, perteneciente a la Serie y Familia Freire, presenta suelos moderadamente profundos de texturas medias y de colores pardos muy oscuros en la superficie y texturas finas a muy finas en profundidad y de drenaje pobre a moderado (Mella y Kuhne, 1985).

3.4. Experimento de campo.

Quince genotipos de *Lupinus luteus*, fueron evaluados en las tres localidades anteriormente mencionadas. Trece de los cuales correspondientes a genotipos de origen polaco: Legat; Markiz; Motiv; Juno; Taper; Popiel blanca; Mister; Lidar;

Cybis; Teo; Popiel moteada; Belorusskij 155; Kroton y también se evaluaron Mielero blanco y Mielero moteado dos formas de lupino amarillo colectados en la Araucanía, cuyos antecedentes de introducción se desconocen.

El diseño experimental consistió en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones en cada uno de los sitios. La siembra en cada uno de los lugares fue establecida en dos épocas (Tabla 3). Las semillas fueron tratadas con fungicida Thiuram* (TMTD) (Pormasol Forte) e insecticida Fipronil* (Regent) en dosis de producto comercial equivalentes a 2.0g/kg y 1,5cc/kg de semilla respectivamente.

Tabla 3. Fecha de siembra y cosecha para las épocas 1 y 2 en las diferentes localidades.

Época	Carillanca (siembra)	Carillanca (cosecha)	Lautaro (siembra)	Lautaro (cosecha)	Maquehue (siembra)	Maquehue (cosecha)
1	22/07/2008	08/01/2009	12/08/2008	06/01/2009	13/08/2008	12/01/2009
2	10/09/2008	13/01/2009	09/09/2008	22/01/2009	11/09/2008	27/01/2009

Cada genotipo fue sembrado en surcos de 4 m de largo con espaciamento de 13.3 cm entre cada semilla y a una separación entre surcos de 1 m.

La fertilización fue diferente para las dos épocas y para las distintas localidades. Para la época 1 solo se aplicó P_2O_5 en forma de súper fosfato triple solo en las localidades de Lautaro y Freire, en dosis de 90 unidades/ha para ambos sitios. Para la época 2 no se aplicó ningún tipo de fertilización.

3.5. Muestreo y procesamiento de las semillas.

Luego de cosechado se procedió a contar y pesar todos los granos producidos por surco. De cada uno de los materiales se procedió a tomar muestras de 22 semillas al azar, las que una vez pesadas se dejaron embeber por un periodo de 3 horas en papel absorbente sobre una placa Petri. Una vez parcialmente embebidas las semillas, y con la ayuda de unas pinzas, se procedió a separar la cubierta seminal de cotiledones y embrión de 20 semillas. Ambas fracciones del grano se secaron en horno por un periodo de 12 horas a 65°C. Inmediatamente después de sacadas del horno de secado, las muestras se pesaron en una balanza analítica de 0,0001g de precisión. La proporción de cubierta seminal se calculó como porcentaje de esta fracción respecto del peso del grano entero.

3.6. Análisis estadístico.

Debido a problemas de producción, la época 2 en el sitio de Perquenco fue descartada, y los datos para proporción de cubierta seminal fueron analizados tomando como modelo dos diseños. En el primero se analizaron los resultados de Maquehue y Carillanca en las épocas 1 y 2 con un diseño de bloques aleatorios dentro de parcelas subdivididas, donde las parcelas principales fueron las localidades y las subparcelas fueron las épocas de siembra (ANOVA de tres factores). En el segundo se analizaron los tres sitios en estudio considerando solo la época de siembra 1, para lo cual se utilizó un diseño de bloques aleatorios dentro de parcelas divididas, donde las parcelas principales fueron las localidades (ANOVA de dos factores). Para ambos casos los datos fueron sometidos a análisis de varianza, y luego de la prueba de comparación de medias de Tukey los datos de proporción de cubierta seminal se correlacionaron con peso medio de semilla en JMP v8 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina; USA). Los componentes de varianza se estimaron por el método de máxima verosimilitud restringida (REML) con SAS v6.12. Se estimó heredabilidad en sentido amplio (H) como la proporción de la varianza genotípica respecto de la varianza fenotípica,

constituida por la suma de la varianza genotípica, varianza de interacción de genotipos y sitios dividida por el numero de sitios, varianza de interacción de genotipos y épocas dividida por el numero de épocas, varianza de la interacción genotipo x época x sitio dividida por el producto de sitios por épocas y varianza del error dividida por el producto del numero de sitios, épocas y repeticiones, cuya fórmula se expresa a continuación para el caso de dos sitios con dos épocas de siembra.

$$H = \sigma^2 / (\sigma^2_G + \sigma^2_{GS}/s + \sigma^2_{GE}/e + \sigma^2_{GSE}/se + \sigma^2_e/ser)$$

Donde σ^2_G , σ^2_{GS} , σ^2_{GE} , σ^2_{GSE} , σ^2_e son los componentes de varianza de los genotipos, interacciones genotipos x sitios, genotipos x épocas, genotipos x sitios x épocas y componentes del error de varianza respectivamente y s , e , r son los números de sitios, épocas y repeticiones respectivamente.

La estimación de H para tres localidades en una época de siembra utilizó la siguiente fórmula:

$$H = \sigma^2_G / (\sigma^2_G + \sigma^2_{GS}/s + \sigma^2_e/sr)$$

Donde σ^2_G , σ^2_{GS} , σ^2_e son los componentes de varianza de los genotipos, interacción genotipos x sitios y componentes del error de varianza respectivamente y s , r son los números de sitios y repeticiones respectivamente.

4. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Clima.

Los datos arrojados por la estación agro-meteorológica de Perquenco, que registra información válida para el ensayo ubicado en la localidad de Lautaro, indicaron que la pluviometría diaria acumulada desde el 1 de enero al 31 de diciembre de 2008 fue de 863,4 mm, concentrándose mayoritariamente entre los meses de abril a septiembre. En 2009, entre el día 1 y 31 de enero se registraron 5 días con precipitaciones, acumulando un total de 14,4 mm.

Los datos arrojados por la estación agro-meteorológica de INIA-Carillanca, indican que la pluviometría diaria acumulada registrada desde el 1 de enero al 31 de diciembre de 2008 fue de 1.205,4 mm, concentrándose mayoritariamente entre los meses de marzo a septiembre, registrándose un déficit hídrico de 154,9 mm, respecto del promedio histórico. En 2009, entre el día 1 y 27 de enero se registraron 4 días con precipitaciones, acumulando un total de 16,1 mm, ocurriendo en ese periodo un déficit de agua caída de 18,2 mm.

Debido a la inexistencia de una estación agro-meteorológica en la localidad de Maquehue, no se cuenta con datos de pluviometría y temperatura para dicha localidad.

4.2. Proporción de cubierta seminal para los sitios de Maquehue y Carillanca en las épocas 1 y 2.

La proporción de cubierta seminal estimada solo para los sitios de Carillanca y Maquehue para las dos épocas de siembra arrojó una media de 23,16%, con un rango

de 22,94-23,37% para sitios; 23,07-23,25% para época de siembra y 21,65-24,92% para el genotipo. El efecto genotipo fue altamente significativo, y fueron significativos los efectos de la interacción genotipo x sitio y genotipo x época de siembra (Tabla 4). El coeficiente de variación para proporción de cubierta seminal fue muy bajo (2,5%).

Tabla 4. Cuadrados medios y componentes de varianza para proporción de cubierta seminal obtenidos con 15 genotipos de *Lupinus luteus* con dos épocas de siembra en dos sitios de La Araucanía, Chile, 2008.

Fuente	g.l	Cuadrados medios	Varianza	Estimación REML
Rep./sitios	6	2,34573		
Sitios (S)	1	10,85365		
Época (E)	1	2,0185		
E x Rep./sitios	6	1,62283		
S x E	1	0,73593		
Genotipos (G)	14	11,23992**	σ^2_G	0,64
G x S	14	0,82261*	σ^2_{GS}	0,04
G x E	14	0,62665*	σ^2_{GE}	0,02
G x S x E	14	0,47697	σ^2_{GSE}	0,03
Error	168	0,34767	σ^2_e	0,34

** : Significativo $P < 0.001$; * : Significativo $P < 0,05$

Los genotipos con menor y mayor proporción de cubierta seminal fueron Kroton (21,65%) y Legat (24,92%), respectivamente (Tabla 6). La heredabilidad en sentido amplio para porcentaje de cubierta seminal se estimó en 0,91.

4.3. Peso medio del grano para los sitios de Maquehue y Carillanca en las épocas 1 y 2.

El peso medio del grano estimado solo para los sitios de Maquehue y Carillanca para las dos épocas de siembra arrojó una media 117,9 mg, con un rango de 115,48-120,32 mg para sitios; 117,24-118,56 mg para época de siembra y 108,35-127,95 mg para genotipo. Los efectos del genotipo y la interacción genotipo x época fueron

altamente significativos, y fue significativa la interacción de época x sitio (Tabla 5). El coeficiente de variación para peso medio de grano fue muy bajo (6,2%).

Tabla 5. Análisis de varianza y cuadrados medios de peso medio de semilla para 15 genotipos de *L. luteus* evaluados en dos sitios de La Araucanía con dos épocas de siembra en 2008.

Fuente	g.l	Cuadrados medios
Rep./sitios	6	236,21722
Sitios (S)	1	1403,60067
Época (E)	1	105,3375
S x E	1	1939,1535*
E x Rep./sitios	6	212,36205
Genotipos (G)	14	570,01238**
G x S	14	68,44548
G x E	14	282,28607**
G x S x E	14	73,98117
Error	168	53,74097

** : Significativo $P < 0.001$; * : Significativo $P < 0,05$

Los genotipos con menor y mayor peso medio de grano fueron Markiz y Mister con 108,35 y 127,95 mg respectivamente (Tabla 6).

4.4. Proporción de cubierta seminal para la época 1 en los tres sitios.

La proporción de cubierta seminal estimada para los tres sitios considerando solo la época 1 de siembra, arrojó una media de 23%, con un rango de 22,51-23,52% para sitios y 21,51-24,57% para genotipo. El efecto del genotipo fue nuevamente altamente significativo, también fue significativo el efecto del sitio (Tabla 7). El coeficiente de variación para proporción de cubierta seminal igualmente fue muy bajo (2,6%).

Tabla 6. Medias de proporción de cubierta seminal y peso medio del grano para 15 genotipos de *Lupinus luteus* evaluados en dos sitios de La Araucanía con dos épocas de siembra en 2008.

Genotipo	Tukey P<0,05	PCS (%)	Genotipo	Tukey P<0,05	PMG (mg)
Legat	a	24,92	Mister	A	127,95
Markiz	a	24,58	Belorusskij	a b	125,13
Mieleroteado	b	23,7	Motiv	a b c	124,46
Taper	b c	23,51	Kroton	a b c d	122,46
Motiv	b c	23,48	Popiel moteada	a b c d	122,36
Mieleroblanco	b c d	23,38	Lidar	a b c d e	120,92
Juno	b c d	23,22	Mieleroblanco	b c d e f	118,15
Mister	b c d e	23,09	Mieleroteado	b c d e f g	117,59
Popiel blanca	c d e f	22,85	Juno	b c d e f g	117,44
Cybis	c d e f	22,85	Cybis	c d e f g h	115,73
Lidar	d e f	22,7	Teo	d e f g h	114,66
Belorusskij	d e f	22,68	Taper	e f g h	112,79
Teo	e f	22,44	Legat	f g h	111,34
Popiel moteada	f g	22,31	Popiel blanca	g h	109,19
Kroton	g	21,65	Markiz	h	108,35

Tabla 7. Cuadrados medios y componentes de varianza para proporción de cubierta seminal obtenidos con 15 genotipos de *Lupinus luteus* evaluados en 3 sitios de La Araucanía, Chile, 2008.

Fuente	Medias de fuente (%)	g.l	Cuadrados medios	Varianza	Estimación REML
Rep./sitios		9	2,90001		
Sitios (S)		2	15,16357*		
Carillanca	22,98				
Lautaro	22,51				
Maquehue	23,52				
Genotipos (G)		14	8,10234**	σ^2_G	0,64
G x S		28	0,47434	σ^2_{GS}	0,03
Error		126	0,36617	σ^2_e	0,37

***: Significativo P<0,001; *: Significativo P<0,05

Los genotipos con menor y mayor proporción de cubierta seminal fueron nuevamente Kroton y Legat con un 21,5 y 24,57% respectivamente (Tabla 9). La proporción de cubierta seminal mas baja se encontró en el sitio de Lautaro con un 22,51%. La heredabilidad en sentido amplio para proporción de cubierta seminal se estimó en 0,94.

4.5. Peso medio del grano para la época 1 en las tres localidades.

El peso medio del grano estimado para los tres sitios considerando solo la época 1 de siembra arrojó una media de 120,49 mg, con un rango 118,14-124,34 mg para sitios y 109,75-138,28 mg para genotipo. Tanto el genotipo y la interacción entre genotipo x sitio tuvieron una alta significancia en el peso medio de grano (Tabla 8). El coeficiente de variación para peso medio de grano fue muy bajo (5,7%).

El genotipo con menor peso medio de grano fue Popiel blanca con 109,75 mg y en este caso el genotipo con mayor peso medio de grano fue Belorusskij 155 con 138,28 mg (Tabla 9). Lautaro que tuvo un menor valor para proporción de cubierta seminal en este caso tuvo el mayor peso medio de grano con 124,34 mg.

Tabla 8. Análisis de varianza y cuadrados medios de peso medio de grano para 15 genotipos de *L. luteus* evaluados en tres sitios de La Araucanía en 2008.

Fuente	g.l	Cuadrados medios
Rep./sitios	9	290,8922
Sitios (S)	2	679,5411
Genotipos (G)	14	665,118**
G x S	28	163,80277**
Error	126	47,88275

**.: Significativo $P < 0,001$

Tabla 9. Medias de proporción de cubierta seminal y peso medio del grano para 15 genotipos de *Lupinus luteus* evaluados en tres sitios de la Araucanía, Chile, en 2008.

Genotipo	Tukey P<0,05	PCS (%)	Genotipo	Tukey P<0,05	PMG (mg)
Legat	a	24,57	Belorusskij	a	138,28
Markiz	a b	24,32	Mister	a b	131,64
Motiv	b c	23,64	Kroton	b c	125,73
Mielero moteado	b c d	23,47	Popiel moteada	b c d	123,73
Mielero blanco	c d e	23,32	Lidar	b c d e	122,04
Juno	c d e	23,18	Motiv	c d e f	120,44
Taper	c d e f	23,08	Mielero moteado	c d e f	120,2
Popiel blanca	c d e f	22,99	Taper	c d e f	119,57
Mister	c d e f	22,93	Cybis	c d e f g	119,4
Lidar	d e f	22,77	Mielero blanco	c d e f g	118,97
Cybis	e f g	22,61	Juno	c d e f g	118,26
Teo	e f g	22,54	Legat	d e f g	114,99
Popiel moteada	f g h	22,25	Markiz	e f g	112,8
Belorusskij	g h	21,88	Teo	f g	111,53
Kroton	h	21,51	Popiel blanca	g	109,75

4.6. Correlación entre proporción de cubierta seminal y peso medio del grano.

Tal como se muestra en la figura 1, una correlación negativa se observa entre la proporción de cubierta seminal y peso medio del grano ($r=-0,6366$).

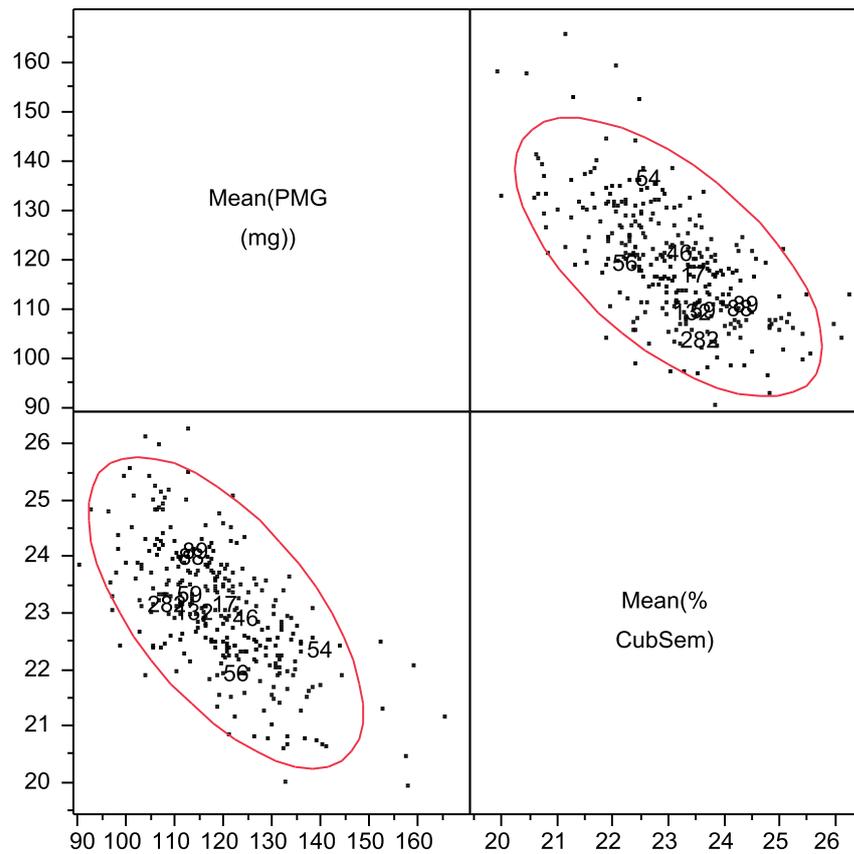


Figura 1. Correlación entre proporción de cubierta seminal y peso medio del grano de 15 genotipos de *Lupinus luteus* evaluados en tres sitios de la Araucanía, Chile, en 2008, N = 180.

5. DISCUSION DE RESULTADOS

El rango de variación para proporción de cubierta seminal fue estrecho. Sin embargo, las diferencias entre genotipos fueron altamente significativas debido al bajo coeficiente de variación (2,5%).

Los valores para proporción de cubierta seminal encontrados son aun elevados si se compara con mutantes de baja proporción de cubierta seminal de *Lupinus angustifolius* (19%), siendo 21,5% lo más bajo encontrado en este estudio, con la variedad Kroton pero inferiores a los valores encontrados por Clements *et al.* (2005), en Australia (22,1%) con 75 genotipos.

El sitio no alcanzó a ser fuente significativa de variación para proporción de cubierta seminal en el análisis con dos épocas de siembra y dos localidades (Tabla 5) . Sin embargo, para el segundo análisis en donde se incluyeron los tres sitios para solo una época de siembra el sitio fue una fuente significativa de variación (Tabla 7). Este efecto se debe probablemente a la cantidad de precipitaciones, ya que el agua caída en Carillanca fue superior al agua caída en Lautaro. Clements *et al.* (2002), concluye que el espesor de la cubierta seminal se correlaciona positivamente con el aumento en las precipitaciones y que el espesor de la cubierta también se relaciona positivamente con la proporción de cubierta seminal. Así también, Palta *et al.* (2004), en trabajos realizados con *Lupinus angustifolius* y *Lupinus luteus* demuestra que las altas precipitaciones durante el crecimiento reproductivo aumenta los rendimientos pero disminuye el tamaño de semilla.

Tal como se ha concluido en diversos estudios con distintas especies de lupino incluido *Lupinus luteus* (Clements *et al.*, 2002; Mera *et al.*, 2004; Clements *et al.*, 2005) este estudio confirma la correlación negativa existente entre proporción de cubierta seminal y peso medio del grano.

6. CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas para el carácter de proporción de cubierta seminal entre los genotipos de *Lupinus luteus*.

Se confirma la existencia de una correlación inversa importante entre proporción de cubierta seminal y peso medio de grano.

Los resultados indican que la reducción de porcentaje de cubierta seminal en lupino amarillo tiene buenas posibilidades de éxito. Sin embargo, debido a que los valores para proporción de cubierta seminal no bajan del 21,5% se hace necesario buscar nuevas fuentes con menor proporción de cubierta seminal. Tal como lo plantean estudios anteriores la utilización de tratamientos mutagénicos es una posibilidad para crear mayor variabilidad genética para este carácter.

La disminución en porcentaje de pared de la vaina también podría resultar ser una vía exitosa en la disminución de cubierta seminal debido a que los pesos de semillas aumentan y estos se correlacionan de manera inversa con la proporción de cubierta seminal.

7. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia del genotipo y el ambiente en la herencia del carácter proporción de cubierta seminal (PCS) en variedades de *Lupinus luteus*, se sembraron quince genotipos en tres sitios de la Araucanía, con dos épocas de siembra. Cada material estuvo representado por un surco de 4 metros sembrado con 30 semillas, con cuatro repeticiones. Una muestra aleatoria de 20 granos fue procesada manualmente separando la cubierta seminal de cotiledones y embrión, y se estimó su proporción como porcentaje del grano entero. Los datos se sometieron a análisis de varianza, estimándose los componentes de varianza a través del método de máxima verosimilitud restringida (REML), y las medias de genotipos fueron comparadas mediante el procedimiento de Tukey. Los datos de PCS fueron correlacionados con los de peso medio de grano. También se estimó la heredabilidad en sentido amplio de la PCS.

Se encontraron diferencias significativas para PCS para los genotipos de *L. luteus* estudiados. Sin embargo, los genotipos evaluados presentaron un rango pequeño de PCS, entre 21,5-24,5%, y un rango de peso medio de grano entre 109,7-138,2 mg, como media de tres sitios en una época de siembra. La PCS y el peso medio de grano, al igual que en estudios anteriores, se asociaron inversamente ($r = -0,63$). El efecto del genotipo fue determinante en la expresión de la PCS; el sitio fue una fuente de variación menor en comparación al genotipo y el efecto de la época de siembra no fue significativo. Los componentes de varianza entregaron una heredabilidad para PCS de 0,94 cuando el análisis contempló tres sitios en una época de siembra. Los resultados indican que la reducción de PCS del lupino amarillo mediante mejoramiento genético tiene buenas posibilidades de éxito. Una reducción de la PCS permitiría mejorar el valor alimenticio del grano de lupino, ya que por su alto contenido de fibra la cubierta seminal aporta poco a la nutrición de monogástricos.

8. SUMMARY

Fifteen genotypes of *Lupinus luteus* were evaluated at three sites in Araucanía region, with two sowing times, in order to evaluate the effect of the genotype and the environment on the inheritance of seed coat proportion (SCP). Each genotype was represented by one 4-m-long row, with four replications. Each row was sown with 30 seeds. A random sample of 20 seeds was manually processed, separating the seed coat from cotyledons and embryo, and SCP was calculated as a percentage of the whole grain. The data were subjected to analysis of variance, estimating variance components by the restricted maximum likelihood method (REML), and genotype means were compared with Tukey's procedure. SCP data were correlated with mean seed weight data. Also, broad sense heritability for SCP was estimated.

Significant differences for SCP were found among the genotypes under study. The genotypes had a small SCP range of only 21.5-24.5%, and a mean seed weight between 109.7 and 138.2 mg, as a mean of three sites in one sowing time. SCP and mean seed weight, as in previous works, were inversely correlated ($r = -0.63$). The genotypic effect was determinant on the expression of SCP; the site effect was a minor source of variation compared to the genotypes, and sowing time effect was not significant. Variance component gave a heritability estimate of 0.94 when the analysis considered the three sites at one sowing time. These results indicate that a reduction of yellow lupin SCP through breeding is a feasible objective with good chance of success. A reduction of SCP would allow an improvement in the feed value of the lupin grain, as due to its high fiber content the seed coat contributed little to the nutrition of non-ruminant animals.

9. LITERATURA CITADA

- Alomar, D. Mera, M. Errandonea, J. Miranda H.** 2010. Prediction of seed coat proportion in narrow-leafed and yellow lupins by near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Crop and Pasture Science (Chile)*. 61: 304-309.
- Aravena, G., Amiard, V., Parra, L., Mora, P., Salvo, H. y Maureira, I.** 2010. Mejoramiento genético del lupino amarillo para alimentación animal: avances genéticos reducirán el antinutricional ácido fitico. *Tierra Adentro (Chile)*. 90: 10-13.
- Borquez, A.** 2008. Evaluación nutricional del lupino blanco (*Lupinus albus*) como fuente alternativa de proteínas en dietas comerciales para salmónidos en Chile. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 204p.
- Brillouet, JM. Riochet, D.** 1983. Cell wall polysaccharides and lignin in cotyledons and hulls of seeds from various lupin (*Lupinus L.*) species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34, 861-868.
- Clements, J.C., Dracup, M. y Galwey, N.** 2002. Effect of genotype and environment on proportion of seed hull and pod wall in lupin. *Australian Journal Agricultural Research (Australia)*. 53: 1147-1154.
- Clements, J. C., Dracup, M., Buirchell, B.J. y Smith, C.G.** 2005. Variation for seed coat and pod wall percentage and other traits in a germplasm collection and historical cultivars of lupins. *Australian Journal of Agricultural Research (Australia)*. 56: 75-83.
- Cowling, W.A., Buirchell, B.J. y Tapia, M.E.** 1998. Lupin, *Lupinus L.* Promoting the use of underutilised and neglected crops. 23. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italia. 105p.
- Cubillos, A.** 1996. Alimentación de aves de postura con semillas de lupino. Avances de investigación en lupino. *Serie Carillanca (Chile)*. 51: 35-43.
- De Felipe, M.** 2006. El lupino en la agricultura sostenible y el medio ambiente. *Schironia Revista Científica del Colegio Oficial de Farmacéuticos de Madrid (España)*. 5: 32-40.
- French, R.J., Sweetingham, M.W. y Shea, G.G.** 2001. A comparison of the adaptation of yellow lupin (*Lupinus luteus L.*) and narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius L.*) to acid sandplain soils in low rainfall agricultural areas of Western Australia. *Australian Journal Agricultural Research (Australia)*. 52: 945-954.
- Hettich, C.** 2004. Evaluación de la digestibilidad de dietas en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de lupino blanco (*Lupinus albus*). Tesis Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 61p.
- Kim, J.C., Pluske, J.R. y Mullan, B.P.** 2008. Nutritive value of yellow lupins (*Lupinus luteus L.*) for weaner pigs. *Australian Journal of Experimental Agriculture (Australia)*. 48: 1225-1231.

- Lagunes-Espinoza, L.C., Huyghe, C., Papineau, J. y Pacault, D.** 1999. Effect of genotype and environment on pod wall proportion in white lupin: consequences to seed yield. *Australian Journal Agricultural Research (Australia)*. 50: 575-582.
- Lopez Bellido, L.** 1994. Advances in lupin research. The role of legume crops in sustainable agricultura. The case of lupin. Instituto Superior de agronomia. Lisboa, Portugal. 272-289.
- Lopez Bellido, L. y Fuentes, G.M.** 1991. El altramuz. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Secretaria General Tecnica. Madrid, España. 110p.
- Lupins.org.** genetic improvement: domestication.
- Lush, W.M. y Evans L.T.** 1980. The seed coat of cowpeas and other grain legumes, structure in relation to function. *Field Crops Research (Nigeria)*. 3: 267-286.
- Mac-Auliffe, T.** 1996. Lupino en la alimentación de monogástricos en Chile. Avances de investigación en lupino. *Serie Carillanca (Chile)*. 51: 35-43.
- Meier, F.S.** 2006. Estimación de heredabilidad del carácter cubierta seminal en *Lupinus angustifolius* a través de regresión progenitor descendencia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile.
- Mella, A. y Kuhne, A.** 1985. Sistemática y descripción de las familias, asociaciones y series de suelos derivados de materiales piroclásticos de la zona central-sur de Chile. *Suelos Volcanicos de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 549-675.
- Mera, M., Jerez, R., Miranda, H. y Rouanet, J.L.** 2004. Seed coat specific weight in *Lupinus angustifolius*: influence of genotype and environment and relationship with seed coat proportion. *Australian Journal of Agricultural Research (Chile)*. 55: 1189-1195.
- Miao, Z.H., Fortune, J.A. y Gallagher, J.** 2001. Anatomical structure and nutritive value of lupin seed coats. *Australian Journal Agricultural Research (Australia)*. 52: 985-993.
- Mora, S.** 1980. Adaptación, producción y utilización del lupino en Chile. *Agrosur (Chile)*. 8: 43-56.
- ODEPA.** 2010. Perspectivas del lupino en la temporada 2010/2011. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl>
- Palta, J.A., Turner, N.C. y French, R.J.** 2004. The yield performance of lupin genotypes under terminal drought in a Mediterranean-type environment. *Australian Journal of Agricultural Research (Australia)*. 55: 449-459.
- Peñaloza, E., Galdamez, R. y Aguilera, A.** 1995. Cultivar de hoja angosta. Nueva variedad de lupino (*Lupinus angustifolius*) en el sur de Chile. *Tierra Adentro (Chile)*. (1): 34-37.
- Peñaloza, E., Carvajal, N., Corcuera, L.J. y Martínez, J.** 2000. Exudación de citrato y actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa en raíces de lupino blanco, en respuesta a variaciones en la disponibilidad de fósforo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 60(2): 89-98.
- Peñaloza, E., Martínez, J., Montenegro, A. y Corcuera, L.J.** 2003. Respuesta de dos especies de lupino al aluminio fitotóxico. *Agricultura Técnica (Chile)*. 64(2): 127-138.

Peñaloza, E., Salvo, H., Osorio, M. y Caligari, P. 2006. Lupino amarillo. Nueva opción para diversificar la oferta de proteína vegetal. *Revista Tierra Adentro (Chile)*. 71: 33-35.

Reader, M. y Dracup, M. 1998. Crop updates. Hull and pod wall weights in lupin. Agriculture Western Australia. Perth, Western, Australia.

Rojas, C. y Catrileo, A. 1998. Grano de lupino blanco (*Lupinus albus*) y australiano (*Lupinus angustifolius*) entero o chancado, en la engorda invernal de novillos. *Agrosur (Chile)*. 26(2): 70-77.

Santibáñez, F. y Uribe, J.M. 2003. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta, séptima y novena. Ediciones Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Serrano, E. 2004. Reemplazo parcial de harina de pescado por harina de lupino blanco (*Lupinus albus*) en dietas extruidas para trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): efecto sobre los índices productivos y la composición de ácidos grasos en el músculo. Tesis Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 72p.

Tay, J. 2009. Producción de canola, lupino y arveja en la precordillera del Bio-Bio y el secano costero de la provincia de Arauco. *Boletín INIA (Chile)*. 188: 166.

