

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DEL RASTROJO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)
SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE
GENOTIPOS DE LUPINO Y CAPACIDAD ALELOPÁTICA DE
RASTROJO DE TRIGO (*Triticum turgidum* L. spp. *durum*) EN
DESCOMPOSICIÓN**

MARCELO SEGUNDO BECERRA DONOSO

SANTIAGO, CHILE
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

EFECTO DEL RASTROJO DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) SOBRE LA
GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE GENOTIPOS DE LUPINO Y
CAPACIDAD ALELOPÁTICA DE RASTROJO DE TRIGO EN DESCOMPOSICIÓN

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo

MARCELO SEGUNDO BECERRA DONOSO

PROFESOR GUÍA	CALIFICACIONES
Sra. Paola Silva C.	6,5
Ingeniero Agrónomo, Mg Sc. Dr.		
PROFESORES CONSEJEROS		
Sra. Myrna Johnston B.	6,3
Prof. Biología Mg. Sc.		
Sra. Verónica Díaz M.	5,5
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.		

Santiago, Chile.

2010

INDICE

RESUMEN	1
Palabras clave	1
SUMMARY	2
Key words	2
INTRODUCCIÓN	3
MATERIALES Y MÉTODO	6
Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo	6
Material vegetal	6
Bioensayo	7
Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición	9
Características edafoclimáticas	9
Manejo de campo	9
Descomposición de rastrojo	10
Capacidad alelopática de rastrojo de trigo	10
Análisis estadístico	11
RESULTADOS	12
Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo	12
Variación interespecífica al extracto de rastrojo de trigo	12
Variación intraespecífica al extracto de rastrojo de trigo	17
Genotipos de <i>Lupinus albus</i>	17
Genotipos de <i>Lupinus angustifolius</i>	18
Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición	20
Características ambientales	20
Descomposición del rastrojo	22
DISCUSIÓN	26
Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo	26
Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición	28
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA	31
APENDICE I	35

RESUMEN

En Chile se ha observado problemas de establecimiento y rendimiento de lupino cuando se cultiva después de trigo en condiciones de cero labranza con rastrojos sobre el suelo. Esta inhibición ha sido descrita como efecto alelopático del rastrojo de trigo sobre lupino. Dado que en el país se cultivan dos especies de lupino (*L. albus* y *L. angustifolius*) y que el efecto del rastrojo sobre lupino puede ser modificado por las condiciones ambientales, es que los objetivos de este trabajo fueron determinar la sensibilidad intra e interespecífica de dos especies de lupino al extracto de rastrojo de trigo y determinar la capacidad alelopática del residuo de trigo sometido a diferente grado de descomposición.

Se realizaron dos ensayos. El primer ensayo fue para determinar la sensibilidad intra e interespecífico de las dos especies de lupino al extracto de rastrojo de trigo y el segundo ensayo fue para evaluar la capacidad alelopática del residuo de trigo sometido a diferente grado de descomposición. Para el primer ensayo se embebió semillas de siete genotipos de *Lupinus albus* y nueve genotipos de *Lupinus angustifolius* con extracto de 0, 23, 47 y 70 g de rastrojo de trigo L⁻¹. Se evaluó la capacidad germinativa (CG), valor máximo de germinación (VM), longitud de radícula e hipocotilo (LR y LH), peso fresco de radícula e hipocotilo (PR y PH), relación LR/LH y longitud de plántula (LP). Para el segundo ensayo se dejó 0, 5 y 10 Mg ha⁻¹ de rastrojo sobre la superficie de un suelo que había tenido trigo la temporada anterior. Estas cantidades de rastrojo fueron sometidas a distintos grados de descomposición aplicando tres niveles hídricos mediante una línea de aspersión. Se evaluó la descomposición del rastrojo y su capacidad alelopática.

Se encontraron diferencias entre especies. *Lupinus angustifolius* mostró una mayor sensibilidad al extracto de rastrojo, observándose reducción en el valor máximo de germinación. Esta variable permitió encontrar diferencias inter e intraespecíficas. Las diferencias intraespecíficas en *L. albus* fueron consecuencia de las diferencias entre genotipos, mientras que las diferencias entre los genotipos de *L. angustifolius* se debieron a la interacción genotipo * concentración de extracto, por lo que la selección de genotipos tolerantes al extracto de rastrojos debe ser distinta según la especie de lupino.

La aplicación de riego, independiente de la cantidad, aumentó la descomposición del rastrojo, mientras que el establecimiento de lupino aumentó con la mayor cantidad de agua aplicada en el periodo de mayor temperatura. El efecto de la cantidad de rastrojo superficial en el establecimiento de lupino fue secundario. Se evidenció un importante efecto alelopático en el suelo que sólo tenía raíces de trigo de la temporada anterior. El bioensayo con extractos acuosos de rastrojo de trigo afectó la germinación de lupino, pero no identificó diferencias alelopáticas entre los residuos con distinto grado de descomposición.

Palabras clave: Alelopatía, rastrojo de trigo, lupino, precipitación.

SUMMARY

Problems of lupine establishment and yield have been observed in Chile when this crop is grown following wheat under zero tillage conditions with stubble on the ground. This inhibition has been described as an allelopathic effect of wheat stubble on lupine. Since two species of lupine (*L. albus* and *L. angustifolius*) are grown in the country and the effect of stubble on lupine may be modified by environmental conditions, the objectives of this study were to determine the intra- and inter-sensitivity of these lupine species to wheat stubble extract and to determine the allelopathic capacity of wheat residue subjected to varying degrees of decomposition.

Two tests were carried out for this purpose. The first one was to determine the intra- and interspecific sensitivity of the two lupine species to wheat stubble extract and the second one was to evaluate the allelopathic capacity of wheat residue subjected to varying degrees of decomposition. For the first trial seeds of seven genotypes of *Lupinus albus* and nine genotypes of *Lupinus angustifolius* were imbibed in 0, 23, 47 and 70g of wheat stubble extract L⁻¹. Germinative capacity (CG), maximum germination (VM), radicle and hypocotyl length (RL and HL), fresh weight of radicle and hypocotyl (PR and PH), RL/HL ratio and seedling length (LP) were evaluated. For the second test, 0, 5 and 10 mg ha⁻¹ of stubble were left on the soil surface which had had wheat the previous season. These amounts of stubble were subjected to different degrees of decomposition using three water levels through a spraying line. Stubble decomposition and its allelopathic capacity were evaluated.

Differences were found between species. *Lupinus angustifolius* showed a greater sensitivity to stubble extract, with a decrease in the maximum germination value being observed. This variable allowed to find inter- and intraspecific differences. The intraspecific differences in *L. albus* resulted from the differences among genotypes, while differences among *L. angustifolius* genotypes were due to the genotype-extract interaction, for which reason the selection of genotypes tolerant to stubble extract must be different depending on the lupine species.

Irrigation application, irrespective of its amount, increased stubble decomposition, whereas lupine establishment increased with the greatest amount of water applied at the time of highest temperature. The effect of surface stubble amount on lupine establishment was secondary. An important allelopathic effect was seen on the soil which only exhibited roots from the previous season's wheat. The bioassay with aqueous extracts of wheat stubble affected lupine germination, but did not identify allelopathic differences among residues with different levels of decomposition.

Key words: Allelopathy, wheat straw, lupine, precipitation.

INTRODUCCIÓN

En Chile, la región de la Araucanía posee la mayor superficie sembrada de trigo, con 109.700 ha para la temporada 2007/08. Del mismo modo, el cultivo de lupino se concentra también en esta región con 13.900 ha (ODEPA, 2008), siendo la rotación trigo-lupino una de las rotaciones más importantes de la zona.

En esta zona de clima mediterráneo, se ha observado un fuerte efecto inhibitorio en el establecimiento y rendimiento de lupino cuando se siembra en otoño después de trigo bajo condiciones de Cero Labranza (CL) (Vidal y Troncoso, 2003). En CL, al mantenerse los rastrojos del cultivo anterior sobre el suelo, los cultivos posteriores que germinan lo hacen próximos al residuo en descomposición. Estos residuos lixivian compuestos químicos fitotóxicos (Guenzi *et al.*, 1967) que reducen la tasa de emergencia (Roth *et al.*, 2000) y el establecimiento de plantas (Lovett y Jessop, 1982; Purvis, 1990; Purvis y Jones, 1990).

Estudios realizados en Australia muestran que los rastrojos de trigo reducen el rendimiento de otros cultivos. En Chile se ha observado disminución de rendimiento en raps y lupino después de trigo (Acevedo y Silva, 2003).

Esta inhibición del crecimiento ha sido descrita como alelopatía. La alelopatía fue definida por Molish (1937), como el proceso por el cual una planta desprende al medio ambiente uno o varios compuestos químicos, los cuales, inhiben el crecimiento de otra planta que vive en el mismo hábitat. Los síntomas relacionados con este proceso en el campo son una reducción de la germinación, un menor vigor de la plántula, presencia de radículas con escaso desarrollo, muerte de plántulas o amarillamiento de sus hojas. Existen numerosos factores que rigen la magnitud de la descomposición del rastrojo, la producción de aleloquímicos y su fitotoxicidad. Estos factores podrían clasificarse en tres categorías principales: la cantidad y composición de los rastrojos vegetales, el ambiente en que los rastrojos vegetales se descomponen y las prácticas de manejo (An *et al.*, 2002). Se debe considerar que la fitotoxicidad del rastrojo de trigo sobre algunas especies vegetales es dependiente de la especie evaluada y de la temperatura utilizada (Steinsiek *et al.*, 1982).

Una posible solución al efecto dañino de los compuestos alelopáticos de los rastrojos es la selección o desarrollo de cultivares tolerantes. Por ejemplo, Herrin *et al.* (1986) encontraron cultivares de soya que presentaron una mayor o menor reducción de biomasa ante la presencia de rastrojos de trigo, dejando de manifiesto, la posibilidad de seleccionar cultivares de soya más adaptados para una siembra después de este cultivo. También se ha observado diferencias varietales en la germinación y elongación de la radícula en cultivares de raps ante la presencia de extractos de los rastrojos de trigo (Bruce y Christen, 2001). Sin embargo, la información sobre el efecto alelopático del rastrojo de trigo sobre lupino es aparentemente inexistente, probablemente debido a que en los países donde se realiza esta rotación, Australia y Rusia, el rendimiento de trigo es bajo dejando en el campo rastrojo del orden de 2 a 3 Mg ha⁻¹, que no alcanzaría a

tener efectos alelopáticos. La cantidad de rastrojo y las condiciones de humedad y temperatura pueden explicar diferencias en la fitotóxicidad del rastrojo (An *et al.*, 2002). En Chile, el promedio nacional de rendimiento medio de trigo es de 4,7 Mg ha⁻¹ (ODEPA, 2008) lo que deja alrededor de 6,5 Mg ha⁻¹ de rastrojos. Se ha informado que el nivel de compuestos alelopáticos está estrechamente relacionado con la cantidad de biomasa (Sène *et al.*, 2000), por lo que es posible que ésta sea una de las razones por la que el problema se agudiza en el caso chileno. Además, Creus *et al.* (1998), citado por Ernst *et al.*, (2002) menciona que los residuos del cultivo anterior dejados sobre la superficie persisten por más tiempo que los residuos incorporados. Esta situación posiblemente también podría agudizar el problema.

En regiones templadas frías la descomposición del residuo es más lenta que en regiones tropicales (Velazquez *et al.*, 2002). El clima mediterráneo de baja pluviometría estival, como las de Chile, también dificulta la descomposición de los residuos (Acevedo, 2003). Por otra parte, el clima mediterráneo con veranos secos y lluvias concentradas en invierno, hace que el rastrojo comience a descomponerse una vez que se inicia la lluvia en otoño, con menor temperatura, lo que provoca una liberación y degradación lenta de los aleloquímicos, persistiendo por un mayor tiempo en el suelo (An *et al.*, 2002), período que coincide con la siembra de cultivos de invierno como lupino.

Dentro de la metodología usada para evaluar el potencial alelopático de una especie vegetal, está el uso de extractos de los residuos en bioensayos sobre una planta receptora, usándose como indicador, la germinación, el crecimiento de la radícula y el brote de la plántula (Guenzi *et al.*, 1967; Ben-Hammouda *et al.*, 1995; Ahn y Chung, 2000). A través de este tipo de metodología, se ha observado diferencias en el efecto alelopático entre rastrojos provenientes de distintas variedades de trigo sobre trigo (Guenzi *et al.*, 1967), avena (Kimber, 1967) y raps (Bruce y Christen, 2001).

Según lo descrito anteriormente, se podría inferir que:

- Existe variabilidad genética en la tolerancia de los genotipos de lupino a la capacidad alelopática del trigo.
- La fitotóxicidad de residuos es menor en medio ambientes con lluvia de verano que en medio ambientes con lluvia de invierno y verano seco, que dominan en clima Mediterráneo.

Objetivos generales

- Determinar la sensibilidad intra e interespecífico de dos especies de lupino *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* al extracto de rastrojo de trigo.
- Determinar la capacidad alelopática del residuo de trigo sometido a diferente grado de descomposición.

Objetivos específicos

- Evaluar la germinación y crecimiento inicial de lupino embebido con distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.
- Cuantificar la descomposición del residuo trigo sometido a T° ambiente y distintas precipitaciones.
- Evaluar la capacidad alelopática del rastrojo de trigo sometido a diferente grado de descomposición.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizó dos ensayos. El primer ensayo fue para determinar la sensibilidad intra e interespecífico de dos especies de lupino *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* al extracto de rastrojo de trigo, el cual se realizó en laboratorio durante el segundo semestre del año 2004. El segundo ensayo fue para evaluar la capacidad alelopática del residuo de trigo sometido a diferente grado de descomposición, se realizó durante primer semestre del año 2005 en condiciones de campo en la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile, (LS 33° 40', LO 70° 38', 608 m.s.n.m.), ubicada en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana, Chile.

Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo

Material vegetal

Se hizo germinar dieciséis genotipos de lupino, siete de *Lupinus albus* L. y nueve de *Lupinus angustifolius* L. (Semillas Baer, Cuadro 1) en extractos acuosos de rastrojo de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) cv. Canelo-INIA recolectado en la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile en enero del año 2004; se utilizó el cv. Canelo-INIA por recomendación de Silva (2007)¹ ya que se destaca por su alto efecto alelopático.

Cuadro 1. Genotipos de Lupino.

Genotipo	Nombre	Especie	Peso de 100 semillas (g)
1	E-61	<i>L. albus</i>	42
2	E-62	<i>L. albus</i>	35
3	E-64	<i>L. albus</i>	30
4	E-65	<i>L. albus</i>	32
5	Typ-Top	<i>L. albus</i>	43
6	Rumbo	<i>L. albus</i>	40
7	Gigante	<i>L. albus</i>	67
8	E-71	<i>L. angustifolius</i>	16
9	E-72	<i>L. angustifolius</i>	15
10	E-73	<i>L. angustifolius</i>	15
11	E-74	<i>L. angustifolius</i>	16
12	E-75	<i>L. angustifolius</i>	16
13	E-76	<i>L. angustifolius</i>	16
14	E-77	<i>L. angustifolius</i>	15
15	Gungurru	<i>L. angustifolius</i>	14
16	Danja	<i>L. angustifolius</i>	14

¹ Comunicación personal

Bioensayo

El rastrojo se cortó en trozos de 3 cm de largo y se preparó suspensiones de cuatro concentraciones 0, 23, 47 y 70 g de rastrojo de trigo L⁻¹ de agua destilada y esterilizada. Estos rastrojos fueron agitados por 2 horas a una temperatura de 18° a 20° C. Los extractos fueron decantados, pasados a través de filtro (Miliporo 0,2 µm) para remover microorganismos y almacenados a 4 °C para mantener sus propiedades químicas hasta su uso (Bruce y Christen, 2001).

Las semillas de *Lupinus* se esterilizaron sumergiéndolas 3 minutos en etanol 95%, luego se lavaron con agua destilada y esterilizada por 1 minuto. Se colocaron 25 semillas en placas Petri, se embebieron con 5 mL de cada extracto por separado, y se usó un testigo con agua destilada y esterilizada. Este ensayo se efectuó bajo una cámara de flujo laminar para evitar posibles contaminaciones.

Cada caja Petri contenía un papel absorbente MFS de grado N° 1 y diámetro 9,0 cm, el que se mantuvo siempre húmedo con su correspondiente extracto. Las placas se dejaron en una cámara de crecimiento en oscuridad a 20° C durante 10 días. Las cuentas de germinación fueron hechas diariamente, a partir del día siguiente del establecimiento del ensayo, considerándose como germinadas aquellas semillas que presentaban una radícula de 2 mm o más de longitud.

Al término del periodo de crecimiento, se extrajeron las cajas de la cámara para realizar las mediciones correspondientes. Los cotiledones de todas las plántulas de lupino no fueron incluidos, ya que sus cambios son producto de imbibición más que crecimiento (Bayuelo - Jiménez *et al.*, 2002).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial genotipo lupino * extractos de rastrojo de trigo (16*4) con cuatro repeticiones. La unidad experimental para el ensayo fue la placa Petri.

Se registró diariamente la germinación desde el inicio del ensayo (día 0) hasta su término (día 10) y con esta información se calcularon las siguientes variables:

- **Capacidad Germinativa o porcentaje de germinación (CG).** Es el cociente entre las semillas germinadas al final del ensayo y el total de semillas evaluadas. Esto expresado en porcentaje (Czabator, 1962). La expresión utilizada para determinar la capacidad germinativa fue la siguiente:

$$\text{C.G. \%} = \frac{\text{Nº de semillas germinadas}}{\text{Nº total de semillas (por repetición)}} * 100$$

- **Valor Máximo de Germinación (VM).** Es el cociente máximo derivado del porcentaje de germinación acumulado en cualquier día, dividido por el número de días transcurridos para alcanzar dicho porcentaje. Esto expresado en porcentaje día⁻¹ (Czabator, 1962). Una forma de calcular el VM es a través de la curva de germinación, como la que se muestra en el Figura 1, la que se obtiene a través de mediciones periódicas de la germinación. Los valores más importantes en la curva son T (el punto

en el cual la tasa de germinación comienza a decrecer) y G (el porcentaje final de germinación).

- **Periodo de energía (PE).** Corresponde al tiempo (días) transcurrido desde que comienza el ensayo hasta que se obtiene el Valor Máximo de Germinación.

- **Energía Germinativa (EG).** Corresponde a la germinación de cada día, la cual se acumula hasta el término del ensayo.

- **Longitud de radícula (LR).** Después de 10 días de establecido el ensayo se midió con medidor métrico la longitud de radícula.

- **Longitud de hipocotilo (LH):** Después de 10 días de establecido el ensayo se midió con medidor métrico la longitud de hipocotilo.

- **Longitud de plántula (LP):** Después de 10 días de establecido el ensayo se midió con medidor métrico la longitud de plántula.

- **Peso de radícula (PR):** Después de 10 días de establecido el ensayo se pesaron las radículas con balanza de precisión.

- **Peso de hipocotilo (PH):** Después de 10 días de establecido el ensayo se pesaron los hipocotilos con balanza de precisión.

Se calculo la relación longitud de radícula/ longitud de hipocotilo (LR/LH).

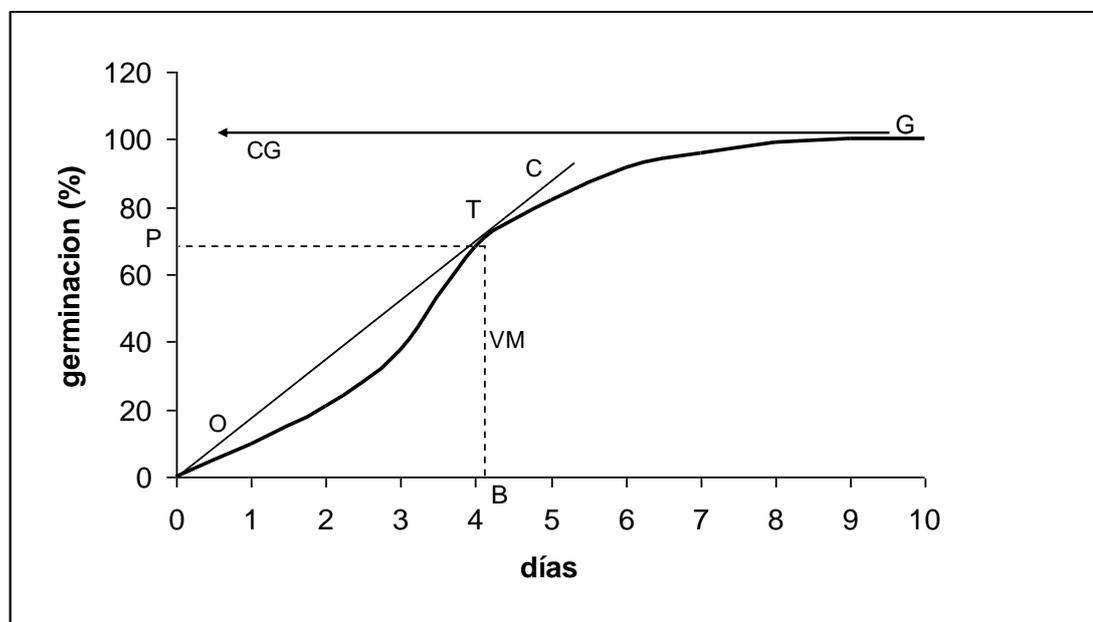


Figura 1. Curva de germinación y factores usados para determinar el vigor de una población (Czabator, 1962). B = es el tiempo en que se obtiene el VM; O = Origen; P = es el porcentaje de germinación en que se obtiene VM; O~G = Curva típica de germinación; O~C = Tangente a la curva de germinación en el punto T; T = Punto de tangencia de la curva O~G, que determina VM.

Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición

Características edafoclimáticas

El ensayo se estableció en un suelo Serie Santiago miembro de la familia Coarse loamy over sandy, skeletal, mixed, thermic Typic Xerochrepts, las propiedades del suelo se presentan en el Cuadro 2. El clima es Mediterráneo, con una precipitación media anual de 330 mm, concentrada (80%) entre Mayo y Agosto, y una temperatura media anual de 14,2° C (Comisión Nacional de Riego, 1981).

Cuadro 2. Propiedades del suelo de la Estación Experimental Antumapu (0-15 cm de profundidad).

Propiedades del suelo	
Disponibilidad ^a N (mg Kg ⁻¹)	7,9
Disponibilidad ^b P (mg Kg ⁻¹)	11,1
Disponibilidad ^c K (mg Kg ⁻¹)	162,5
pH H ₂ O (1:2,5)	7,7
Carbono orgánico (% base peso) ^d	1,06
Contenido de humedad (g g ⁻¹)	
Capacidad de Campo	0,20
Marchitez Permanente	0,08
Densidad Aparente (g cm ⁻³)	1,45
Distribución del tamaño de partícula (% por peso) ^e	
Arena (50-2000µm)	43,0
Limo (2-50 µm)	3,9
Arcilla (<2 µm)	53,1

^a Brenner y Keeney

^b Olsen: Extracción con NaHCO₃ 0,5 mol L⁻¹ a pH 8,5

^c Ammonium acetate 1 N pH 7

^d Combustión en húmedo y calorimetría

^e Densitometry (Bouyoucos)

Manejo de campo

El trigo (*Triticum turgidum* L. spp. *durum* var. Llaretá) que fue cosechado en Enero de 2005 fue sembrado en junio de 2004. El residuo de trigo se picó con chopper y se retiró del campo. El 30 de Enero de 2005 se estableció un experimento que consistió en una línea de aspersión con parcelas perpendiculares a ella de 20 m de largo x 5 m de ancho. A cada parcela se le añadió rastrojo de trigo correspondiente a 0, 5 y 10 Mg ha⁻¹. A partir del día 1 de Febrero de 2005, se aplicó diariamente, riego a través del sistema de aspersión, de modo que el residuo de las parcelas recibió un gradiente de precipitación de acuerdo a su distancia de la línea de aspersión (Hanks *et al.*, 1976). El criterio con que se dio el tratamiento hídrico de mayor altura de agua correspondió a la capacidad de

almacenamiento de agua que posee el rastrojo ($3 \text{ kg agua kg}^{-1} \text{ MS}$) señalado por Bristow *et al.* (1986). Con este criterio se calculó la capacidad de almacenaje de agua de 10 Mg ha^{-1} de rastrojo de trigo, el que correspondió a 3 mm de agua, monto de precipitación que fue entregado diariamente. Se evaluaron tres niveles de carga hídrica producto de la distancia a la línea de aspersores, a 2 m recibió 3 mm diarios (R+), a 11 m recibió 1 mm (R) y a 20 m recibió 0 mm (R-).

La información meteorológica, que incluyó temperatura máxima, mínima y precipitación, se obtuvo de la estación meteorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación La Platina, ubicada a 700 m del ensayo.

Para fines de análisis, el diseño experimental se asimiló a bloques completos al azar con arreglo factorial $3 * 3$ (cantidad de residuo * nivel hídrico) y 4 repeticiones.

Descomposición de rastrojo

La descomposición del rastrojo se midió incorporando bolsas de malla (2 mm de apertura) de polietileno de $30 * 22 \text{ cm}$, con una cantidad de rastrojo picado equivalente a la dosis de cada parcela (Wiegert y Evans, 1964; Douglas *et al.*, 1980). Se ubicaron 6 bolsas en cada parcela las que se mezclaron con el rastrojo. Las bolsas se retiraron a los 30, 50 y 90 días después de establecido el ensayo. El rastrojo de cada bolsa fue secado en estufa a 70° C por 48 horas y pesado.

Capacidad alelopática del rastrojo de trigo

La capacidad alelopática del rastrojo de trigo se evaluó con dos metodologías; i) establecimiento de lupino en las parcelas de rastrojo de trigo y sin rastrojo, sometido a distintos tratamientos hídricos y ii) bioensayos en cajas Petri donde se hizo germinar y crecer semillas de lupino, embebidas con extracto de rastrojo de trigo sometido a distintos tratamientos hídricos y agua destilada como control.

Establecimiento de lupino. Se sembró *Lupinus angustifolius* var. Gungurru con sembradora de cero labranza el día 3 de Junio de 2005 con una dosis equivalente a $180 \text{ Kg semilla ha}^{-1}$. La semilla fue desinfectada con Vitavax ($1 \text{ L } 100 \text{ Kg}^{-1}$ semilla) y Orthene ($1 \text{ Kg } 100 \text{ Kg}^{-1}$ semilla). Cada parcela fue fertilizada con 180 Kg N ha^{-1} forma de salitre y $60 \text{ KgP}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en forma de superfosfato triple. La aplicación de N fue parcializada en un tercio a la siembra, un tercio el 26 de agosto y un tercio el 25 de octubre. El P_2O_5 fue aplicado todo a la siembra. Para el control de malezas se aplicó Bectra ($250 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) como herbicida de pre-siembra el 25 de Mayo de 2005 y Gesatop ($1,6 \text{ Kg ha}^{-1}$) el 13 de Julio de 2005, para el control de enfermedades se utilizó Pantera ($1,75 \text{ L ha}^{-1}$) aplicado el 29 de Junio de 2005 y Sportak ($1,25 \text{ L ha}^{-1}$) aplicado el 13 de Julio de 2005 y el 18 de Agosto de 2005 ($1,5 \text{ L ha}^{-1}$). La capacidad alelopática de los rastrojos de trigo se evaluó 50 días después de la siembra a través de un conteo de establecimiento de plantas de lupino.

Bioensayo. El rastrojo de trigo fue recolectado desde el campo tomando en consideración los tratamientos hídricos extremos, es decir, el que recibió mayor carga hídrica (R+) y el que no recibió carga hídrica (R-). El rastrojo fue cortado en trozos de 3 cm de largo y se preparó una suspensión de 35 g de rastrojo de trigo L⁻¹ de agua destilada y esterilizada. Estos rastrojos fueron agitados por 2 horas a una temperatura de 18° a 20° C. Los extractos fueron decantados, pasados a través de filtro (Miliporo 0,2 µm) para remover microorganismos y almacenados a 4 °C para mantener sus propiedades químicas hasta su uso (Bruce y Christen, 2001). El rastrojo usado fue retirado del campo a los 0, 10, 20, 30, 50 y 90 días después de iniciado el experimento en campo. La primera fecha se denominó punto cero y se ocupó rastrojo obtenido en la cosecha de trigo.

Semillas de *Lupinus angustifolius* var. Gungurru fueron esterilizadas y embebidas en extracto de rastrojo de trigo de la misma forma descrita anteriormente en el ensayo de sensibilidad de genotipos de lupino. Las placas se dejaron en una cámara de crecimiento en oscuridad a 20° C durante 7 días, por no presentar mayor variación en germinación a los 10 días.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial fecha * extractos de rastrojo de trigo (6*3) con cuatro repeticiones. La unidad experimental para el ensayo *in vitro* fue la caja Petri.

Análisis estadístico

La descomposición del rastrojo se evaluó como las medias de peso seco de residuo sobre el suelo y el efecto alelopático por la media del número de plantas de lupino contadas *in situ*. El efecto de la concentración de extracto de rastrojo sobre la germinación determinado en el Bioensayo fue medido por las medias de VM, CG, mientras que el crecimiento inicial fue determinado por medias de LR, LH, PR, PH, LP y LR/LH. Los datos fueron sometidos a la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianza. Los datos de descomposición de rastrojo y establecimiento de plantas de lupino presentaron varianzas homogéneas y fueron sometidos a análisis de varianza y test de rango múltiple de Duncan ($P \leq 0,05$). Los datos provenientes del Bioensayo no tuvieron varianzas homogéneas y fueron sometidos a un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal y Wallis, 1952). Los análisis se realizaron con el programa InfoStat / Profesional (v.p.1, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2005).

RESULTADOS

Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo

Variación interespecífica al extracto de rastrojo de trigo

Las semillas *L. albus* es dos veces y media más grandes que la de *L. angustifolius* (Cuadro 1). Al embeber las semillas de *L. albus* y *L. angustifolius* en agua destilada sin extracto se observa que la CG fue similar en ambas especies de lupino, pero la VM de germinación fue mayor en *L. angustifolius* debido a su menor valor de PE. Esto indica que la germinación máxima de *L. angustifolius* se logra en un menor tiempo que en *Lupinus albus* (Cuadro 3).

Después de diez días de imbibición en agua destilada sin extracto, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en LR, LH, PR y LR/LH. *L. albus* tuvo una LR mayor y una menor LH que *L. angustifolius*, de manera que la LP fue similar en ambas especies. El PR fue mayor en *L. albus* lo que puede ser explicado por el mayor tamaño de semillas, estimado por mayor peso ($r = 0,53$; $P \leq 0,03$) (Cuadro 1). La relación LR/LH fue mayor en *L. albus* (Cuadro 4).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables de germinación, Energía Germinativa (EG), Periodo de Energía (PE), Capacidad Germinativa (CG) y Valor Máximo de Germinación (VM) de *L. albus* (n=7), y *L. angustifolius* (n=9), a distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.

Especie	Extracto (g L ⁻¹)	EG (%)	PE (días)	CG (%)	VM (% día ⁻¹)
<i>L. albus</i>	0	85,9	4,9	93,3	18,5
<i>L. albus</i>	23	82,1	5,0	90,7	17,6
<i>L. albus</i>	47	82,3	4,9	90,3	17,9
<i>L. albus</i>	70	81,8	5,1	89,5	17,4
	Media	83	5,0	90,9	17,8
	DS	1,9	0,1	1,7	0,5
<i>L. angustifolius</i>	0	75,8	3,0	90,3	27,1
<i>L. angustifolius</i>	23	80,2	3,4	92,4	25,9
<i>L. angustifolius</i>	47	84,3	3,8	91,1	22,9
<i>L. angustifolius</i>	70	79,4	3,9	86,3	20,5
	Media	79,9	3,5	90,1	24,1
	DS	3,5	0,4	2,6	3,0
	Media (8)	81,5	4,2	90,5	21,0
	DS (8)	3,1	0,8	2,1	3,9

Cuadro 4. Valores promedio de las variables de crecimiento inicial, largo de radícula (LR), largo de hipocotilo (LH), peso de radícula (PR), peso hipocotilo (PH), largo de plántula (LP) y LR/LH de *L. albus* (n=7), y *L. angustifolius* (n=9), a distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.

Especie	Extracto (g L ⁻¹)	LR (cm)	LH (cm)	PR (g)	PH (g)	LP (cm)	LR/LH
<i>L. albus</i>	0	6,7	2,4	0,2	0,2	9,1	2,8
<i>L. albus</i>	23	7,8	2,3	0,2	0,2	10,1	3,5
<i>L. albus</i>	47	8,2	2,3	0,2	0,2	10,6	3,6
<i>L. albus</i>	70	7,7	2,3	0,2	0,2	10,1	3,3
	Media	7,6	2,3	0,2	0,2	10,0	3,3
	DS	0,6	0,1	0,03	0,01	0,6	0,4
<i>L. angustifolius</i>	0	5,3	4,5	0,1	0,3	9,8	1,2
<i>L. angustifolius</i>	23	5,1	4,4	0,1	0,3	9,6	1,2
<i>L. angustifolius</i>	47	6,7	4,3	0,1	0,3	11,0	1,7
<i>L. angustifolius</i>	70	6,2	4,3	0,1	0,3	10,5	1,5
	Media	5,8	4,4	0,1	0,3	10,2	1,4
	DS	0,8	0,1	0,01	0,01	0,7	0,2
	Media (8)	6,7	3,4	0,2	0,3	10,1	2,3
	DS (8)	1,2	1,1	0,03	0,02	0,6	1,0

Se observó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) en la respuesta de *L. albus* y *L. angustifolius* al extracto de trigo en las variables VM, LR/LH y LR, las otras variables no mostraron diferencias entre las distintas concentraciones.

Valor Máximo (VM). En *Lupinus angustifolius* hubo disminución de un 24 % en VM con el aumento de la concentración de 0 g L⁻¹ a 70 g L⁻¹. En cambio en *Lupinus albus* no se observó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de extracto de rastrojo de trigo (Figura 2). Las diferencias observadas en VM se relacionan con los valores de periodo de energía (PE) para ambas especies ($r = -0,97$; $P \leq 0,001$).

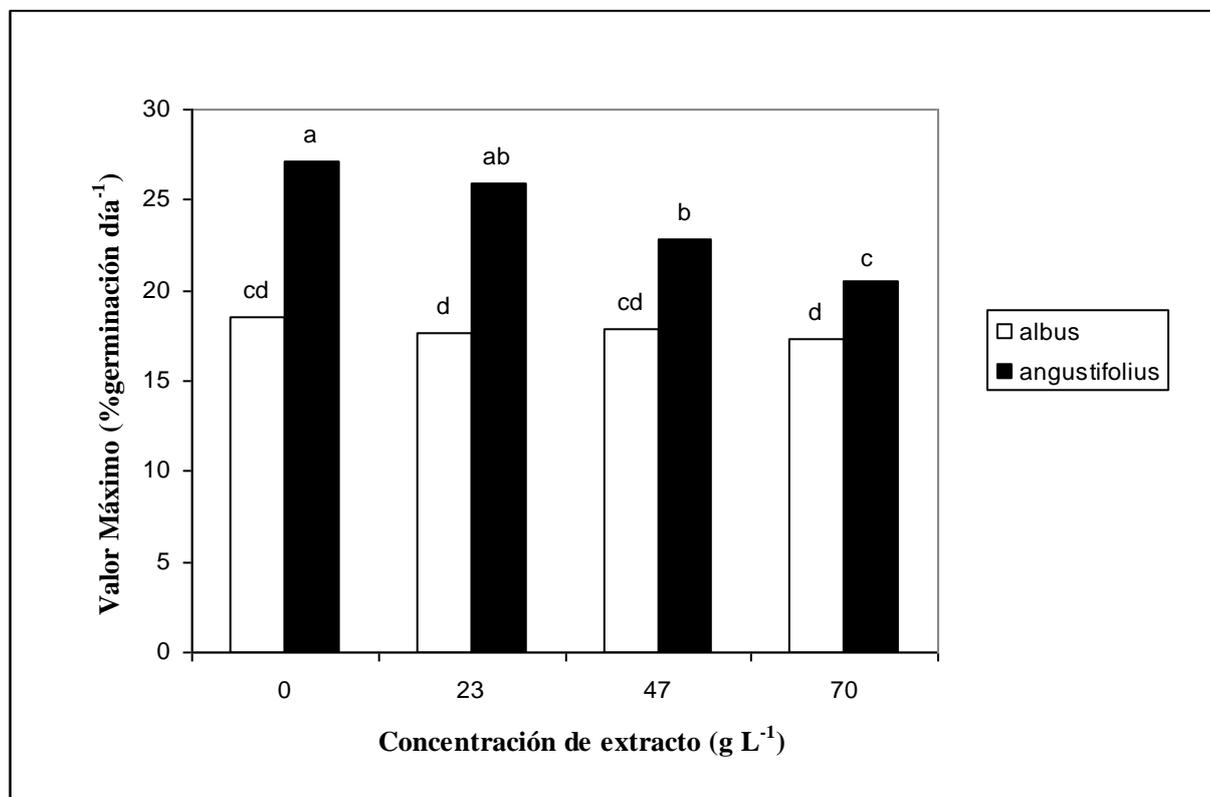


Figura 2. Valor Máximo (VM) de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* para las distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las dos especies para las cuatro concentraciones ($P \leq 0,05$).

Relación LR/LH. *Lupinus albus* estadísticamente no mostró diferencias significativas con las distintas concentraciones, *Lupinus angustifolius* mostró un aumento significativo de la relación LR/LH cuando fue embebido con 47 g L⁻¹ de extracto de rastrojo de trigo con respecto a la concentración de 0 g L⁻¹ (Figura 3).

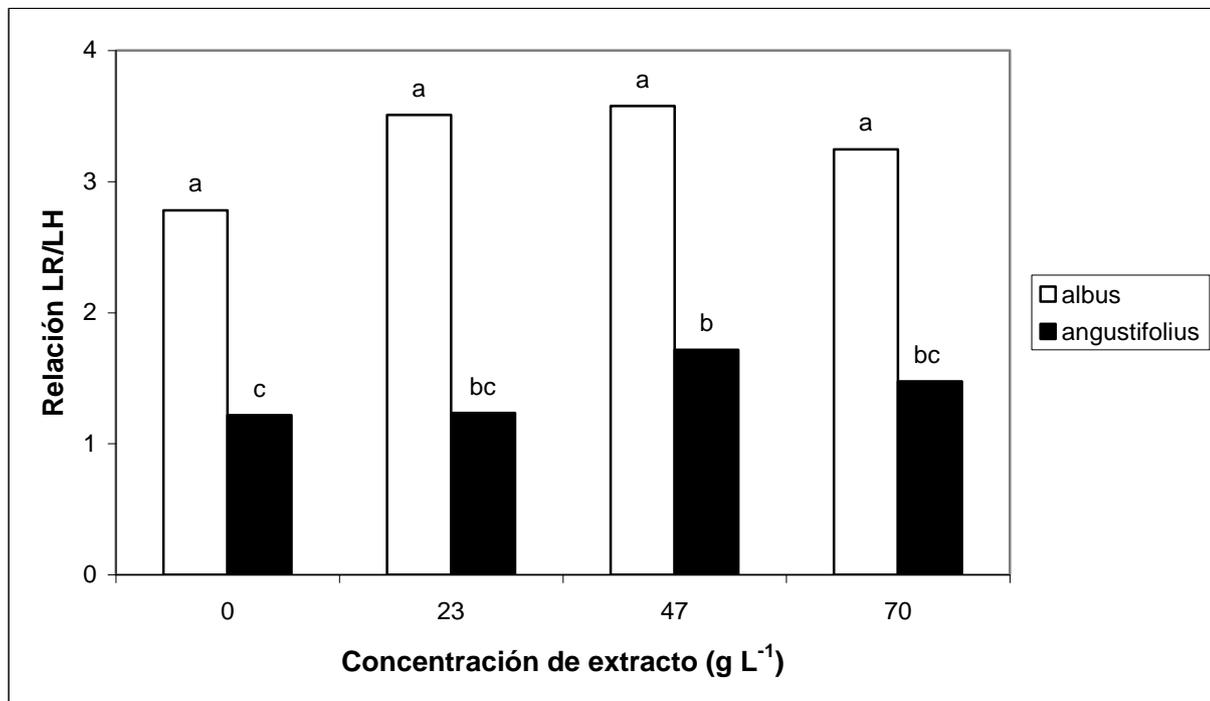


Figura 3. Relación LR/LH de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* para las distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las dos especies para las cuatro concentraciones ($P \leq 0,05$).

Longitud de radícula (LR). *Lupinus albus* no presentó diferencias significativas en LR con las distintas concentraciones, en cambio *Lupinus angustifolius* mostró un aumento del LR en las mayores concentraciones de extracto de rastrojo, donde se distinguió una diferencia significativa entre la concentración de 47 g L⁻¹ y el control con agua destilada (Figura 4).

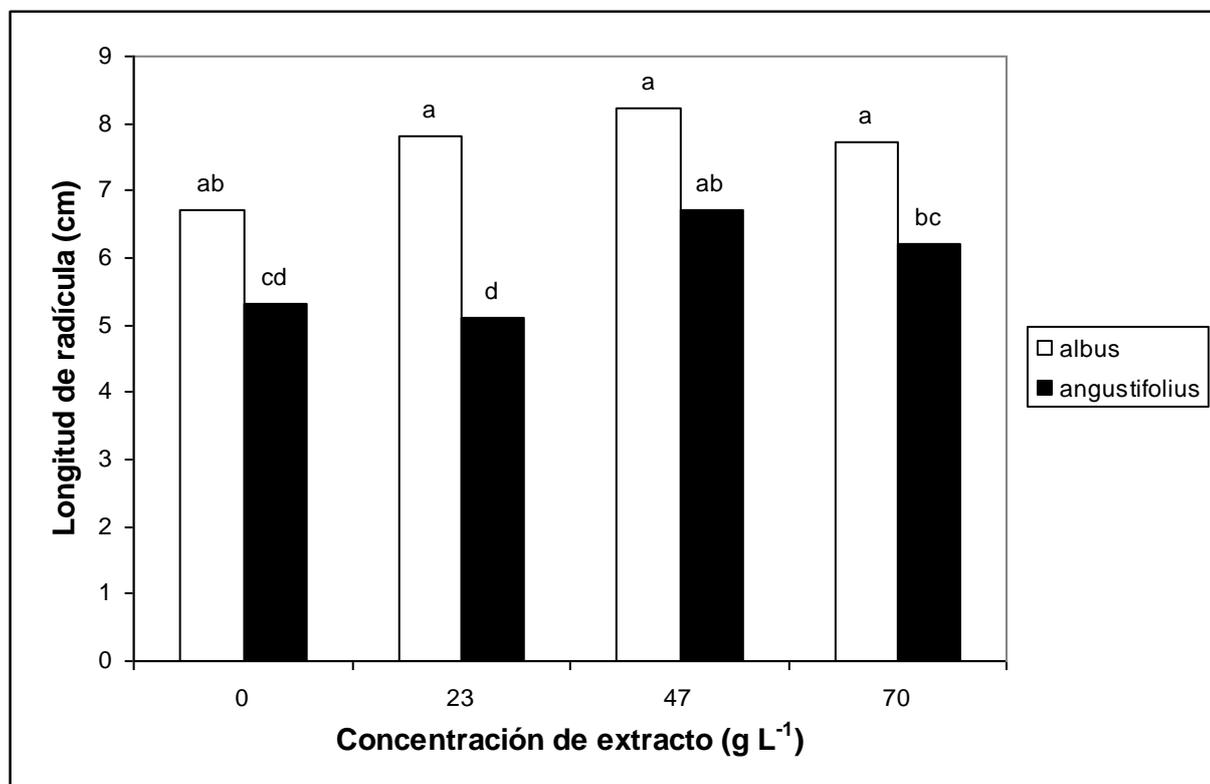


Figura 4. Longitud de radícula (LR) de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* para las distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo. Letras distintas indican diferencias significativas entre las medias de las dos especies para las cuatro concentraciones ($P \leq 0,05$).

Variación intraespecífica al extracto de rastrojo de trigo

Genotipos de *Lupinus albus*.

La respuesta de los genotipos de *Lupinus albus* a las concentraciones del extracto de rastrojo de trigo se presenta en el Cuadro 5. Se observó diferencias estadísticamente significativas en las variables CG y VM correspondientes a germinación y en la variable LR/LH para crecimiento inicial.

Cuadro 5. Valores de LR/LH, CG, VM, EG y PE de los genotipos de *Lupinus albus*.

Nº genotipo	Extracto (g L ⁻¹)	LR/LH	CG (%)	VM (%germ día ⁻¹)	EG (%)	PE (días)
E – 61	0	3,2	99	18,8	88	4,8
	23	4,1	97	17,8	80	4,5
	47	3,7	95	18,2	86	4,8
	70	3,5	97	17,7	82	4,8
E – 62	0	2,7	100	22,4	92	4,3
	23	3,4	97	22,5	89	4,0
	47	3,4	97	22,1	93	4,3
	70	2,9	99	22,5	90	4,0
E – 64	0	2,9	98	20,3	86	4,3
	23	3,0	93	19,7	83	4,3
	47	3,6	96	21,2	89	4,3
	70	3,1	88	18,3	77	4,3
E – 65	0	3,0	95	22,0	87	4,0
	23	3,4	90	19,8	79	4,0
	47	4,4	96	21,3	90	4,3
	70	3,8	97	21,1	89	4,3
Rumbo	0	2,2	93	17,6	86	5,0
	23	3,8	95	16,6	89	5,5
	47	3,5	97	18,2	85	4,8
	70	3,4	96	17,1	87	5,3
Typtop	0	3,5	86	17,8	84	4,8
	23	3,9	84	16,6	78	4,8
	47	4,2	86	15,6	74	4,8
	70	3,5	83	15,9	81	5,3
Gigante	0	2,0	82	11,0	78	7,3
	23	3,1	79	10,3	77	7,8
	47	2,3	65	8,7	59	7,3
	70	2,5	66	9,1	66	8,0
Media (28)		3,3	90,9	17,8	83	5,0
DS (28)		0,6	9,3	4,0	7,7	1,2

Capacidad Germinativa. Para la variable CG, ningún genotipo tuvo una reducción estadísticamente significativa con respecto a su control cuando fue tratado con extracto de rastrojo de trigo. Sólo en Gigante se observó una tendencia a disminuir la CG con las mayores concentraciones de extracto de rastrojo. Las diferencias estadísticamente significativas sólo se observaron en las mayores concentraciones de extracto de rastrojo 47 y 70 g L⁻¹ entre Gigante y los otros genotipos (Cuadro 5). Gigante fue el genotipo que tuvo la mayor disminución (19,9%), la disminución de los otros genotipos fluctuó entre 1 y 7%, siendo el genotipo E-62 la disminución más baja (1%).

Valor Máximo. Para la variable VM, ningún genotipo tuvo una reducción estadísticamente significativa con respecto a su control cuando fue tratado con extracto de rastrojo de trigo. Sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos. Los genotipos con mayor VM continuaron siendo los de mayor VM cuando fueron tratados con extracto de rastrojo (Cuadro 5).

Relación LR/LH. Los genotipos de *Lupinus albus* presentaron distinta respuesta cuando fueron tratados con extracto de rastrojo. El genotipo Rumbo aumentó su relación LR/LH en forma estadísticamente significativa con respecto a su control, mientras que los genotipos restantes no cambiaron la relación LR/LH (Apendice I).

Genotipos de *Lupinus angustifolius*.

La respuesta de los genotipos de *Lupinus angustifolius* a las concentraciones del extracto de rastrojo de trigo se presenta en el Cuadro 6. Se observó diferencias estadísticamente significativas en VM correspondiente a la germinación.

Cuadro 6. Valores de LR/LH, CG, VM, EG y PE para los genotipos de *Lupinus angustifolius*

Nº genotipo	Extracto (g L ⁻¹)	LR/LH	CG (%)	VM (% germ/día)	EG (%)	PE (días)
E – 71	0	1,1	92	27,0	81	3,0
	23	1,4	94	22,8	84	3,8
	47	1,7	96	24,4	90	3,8
	70	1,4	84	19,0	76	4,0
E – 72	0	1,0	95	28,0	88	3,3
	23	1,2	95	27,3	79	3,3
	47	1,5	94	24,3	90	3,8
	70	1,5	89	20,8	78	3,8
E – 73	0	1,0	98	31,3	66	2,3
	23	1,3	100	35,3	82	2,8
	47	1,4	93	24,6	69	3,0
	70	1,4	93	23,8	87	3,8
E – 74	0	1,3	92	26,5	66	2,8
	23	1,3	92	22,2	82	3,8
	47	1,8	91	21,3	88	4,3
	70	1,5	91	19,5	87	4,5
E – 75	0	1,1	94	26,8	84	3,3
	23	1,2	93	23,3	86	3,8
	47	1,7	91	20,8	88	4,3
	70	1,5	85	18,8	75	4,0
E – 76	0	1,6	94	26,8	85	3,3
	23	1,4	97	30,5	86	3,3
	47	2,4	99	24,8	91	3,8
	70	2,1	97	22,9	85	3,8
E – 77	0	1,2	98	34,8	81	2,8
	23	1,3	96	26,8	67	2,8
	47	1,8	96	24,9	92	3,8
	70	1,2	89	22,6	85	3,8
Gunguru	0	1,3	79,0	21,2	68	3,3
	23	0,8	85	23,3	81	3,5
	47	1,6	88	22,2	82	3,8
	70	1,4	81	19,7	75	3,8
Danja	0	1,4	71	21,8	63	3,0
	23	1,1	80	21,8	75	3,5
	47	1,5	72	18,6	69	3,8
	70	1,2	68	17,8	67	3,8
Media (36)		1,4	90,1	24,1	79,9	3,5
DS (36)		0,3	8,0	4,2	8,4	0,5

Valor Máximo (VM). Los genotipos de *L. angustifolius* presentaron distinta respuesta cuando fueron tratados con extracto de rastrojo. Se observó una reducción estadísticamente significativa de VM en los genotipos E – 71, E – 72, E – 74 y E – 75 cuando fueron tratados con concentraciones crecientes de extracto de rastrojo. En promedio, los genotipos Danja y Gunguru mostraron menor sensibilidad en VM, evidenciando una interacción genotipo * extracto de rastrojo (Cuadro 6).

Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición

Características ambientales

Desde el inicio del ensayo (1 de febrero de 2005) hasta la siembra de lupino (3 de junio de 2005) los residuos ubicados a 2 m de la línea de aspersión recibieron 219 mm de agua por concepto de riego, los residuos ubicados a 11 m de la línea de aspersión recibieron 48,6 mm, los residuos ubicados a 20 m no recibieron agua de riego. Durante dicho periodo la lluvia fue de 102,4 mm. El primer evento de lluvia fue de 15,8 mm y ocurrió el 11 de marzo, a los 39 días de iniciado el ensayo, dejando a capacidad de campo los primeros 8 cm de suelo. Las lluvias se concentraron en los meses de mayo, junio y julio, entre 90 y 150 días después de iniciado el ensayo (Figura 5).

Considerando que la actividad microbiana, importante para la descomposición del residuo, se detiene a 0 °C, se consideró la temperatura acumulada con base 0 °C. Así, la temperatura acumulada desde el inicio del ensayo hasta la siembra del lupino fue de 1928,5 días - grado. Los rastrojos que recibieron sólo agua lluvia acumularon a partir de la primera lluvia (11 marzo) 1182,3 días – grado.

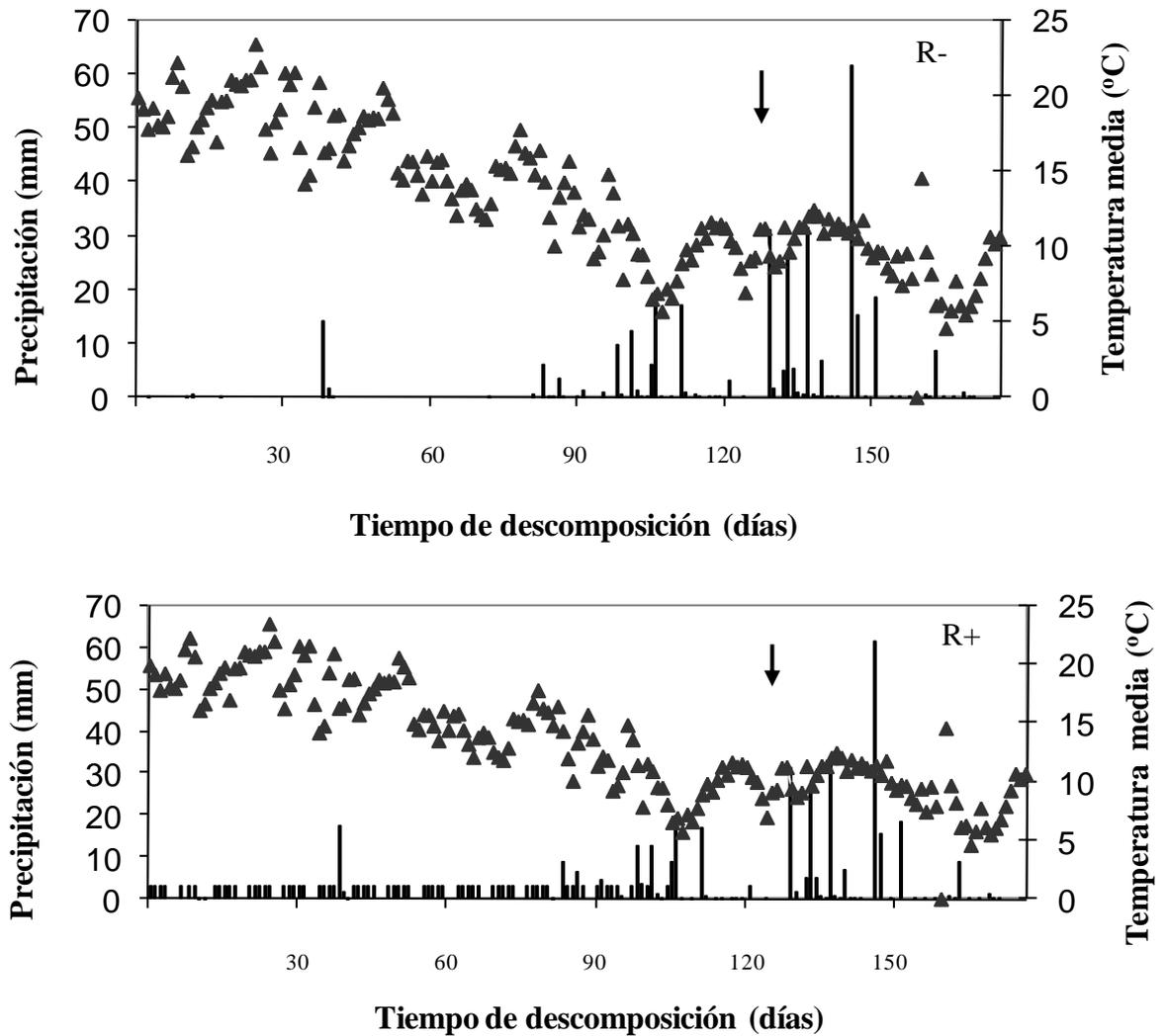


Figura 5. Precipitación y temperatura desde el inicio del ensayo hasta el establecimiento del cultivo de lupino sobre rastrojo sin riego (R-) y regado (R+). La flecha indica la fecha de siembra del lupino, las barras (|) indican la cantidad de agua aplicada y los triángulos (▲) la temperatura.

Descomposición del rastrojo

El porcentaje de pérdida de peso del rastrojo no mostró diferencias estadísticamente significativas para las dos cantidades de rastrojo evaluadas (5 Mg ha^{-1} y 10 Mg ha^{-1}), la mayor pérdida de peso del rastrojo se debió al agua aplicada. En la Figura 6 se muestra el porcentaje de pérdida de rastrojo de trigo tratado con 0 (R-), 49 (R) y 219 mm (R+) de agua de riego. Se observó una disminución en peso del rastrojo para todas las fechas evaluadas (30, 50 y 90 días después de iniciado el ensayo). Hubo diferencias significativas ($P \leq 0,001$) entre el tratamiento sin riego, comparado con los tratamientos regados, donde la pérdida en peso fue mayor, sin embargo, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos regados, es decir, el porcentaje de pérdida de rastrojo fue más afectado por la presencia de riego que por la cantidad de riego aplicado. La pérdida de peso del rastrojo después de 30 días con riego fue similar a la pérdida de peso del rastrojo sin riego después de 90 días.

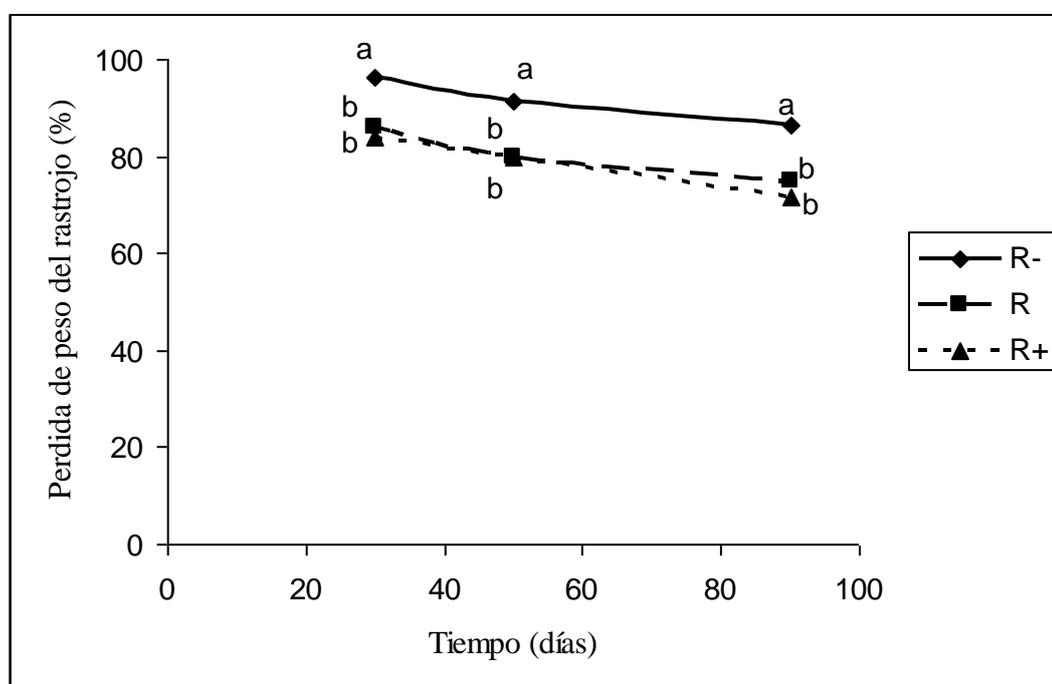


Figura 6. Pérdida de peso promedio del rastrojo bajo 3 niveles de riego 0 mm (R-), 49 mm (R) y 210 mm (R+) en las tres fechas evaluadas (30, 50 y 90 días). Letras distintas indican diferencias significativas entre los niveles de riego ($p \leq 0,05$)

Establecimiento de lupino La cantidad de plantas de lupino aumentó en todos los tratamientos a medida que se incrementó la cantidad de agua aplicada (Figura 7). Hubo diferencias significativas para el riego ($P \leq 0,0001$) y para la cantidad de rastrojo ($P \leq 0,01$), sin embargo el riego explicó el mayor porcentaje de la variación (93,7% de la suma de cuadrados). No se observó interacción entre nivel hídrico y cantidad de rastrojo. El menor número de plantas se observó cuando no se regó.

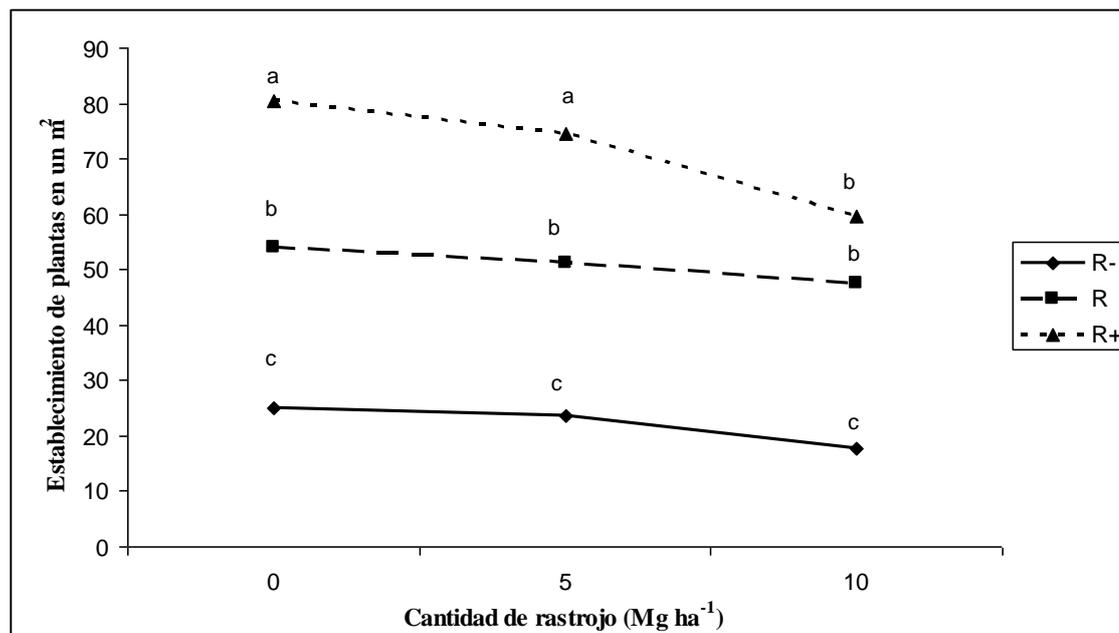


Figura 7. Establecimientos de plantas de lupino para 0, 5 y 10 Mg ha⁻¹ con distintos niveles hídricos. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Bioensayo Las variables de germinación (VM y CG) mostraron diferencias significativas en la fecha inicial (día cero), donde el control fue notoriamente mayor a los extractos de rastrojo con riego (R+) y sin riego (R-) para ambas variables (Figura 8). El VM tuvo diferencias significativas entre el control y los extractos de rastrojo en todas las fechas evaluadas, donde, el control con agua destilada siempre fue mayor a los extractos de rastrojo (R+ y R-). Entre los extractos de rastrojos (R+ y R-), no se observó diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las fechas evaluadas. En el caso de CG no se observaron diferencias entre los extractos de rastrojo (R+ y R-) ni el control entre el día 10 y 90.

Todas las variables de crecimiento inicial (LR, LH, PR, PH, LP y LR/LH) mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre control y los extractos de rastrojo (R+ y R-), en distintas fechas evaluadas. LR/LH fue la variable que mostró diferencias en casi todas las fechas, solo a los 90 días no presentó diferencias (Figura 9). Otras variables que mostraron diferencias fueron LR y LP, en los 10, 30, 50 y 90 días. PH solo mostró diferencias el día cero y PR y LH solo mostraron diferencias en la fecha final del ensayo (90 días). Para todas las variables, siempre el control con agua destilada tuvo los valores más bajos. Al igual que las variables de germinación, los rastrojos R+ y R- no mostraron diferencias entre sí para ninguna de las fechas evaluadas.

En consecuencia, las variables que presentaron mayor respuesta en las distintas fechas evaluadas fueron VM para germinación y LR, LP y LR/LH para crecimiento inicial, sin embargo no se observó ninguna asociación de estas respuestas con el grado de descomposición del rastrojo.

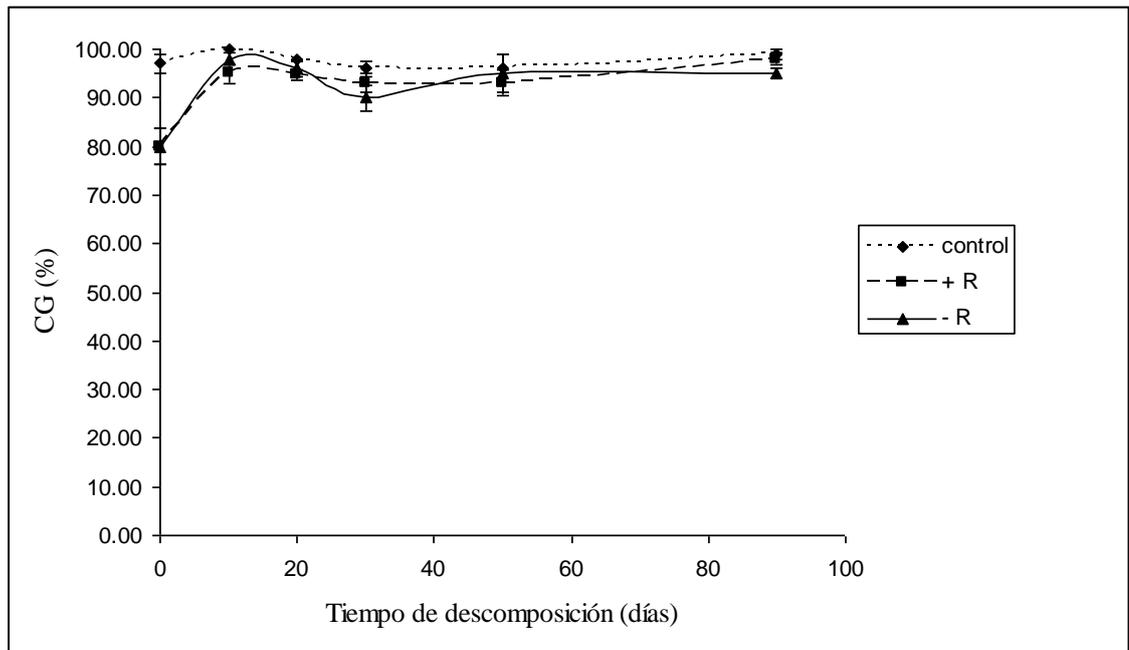
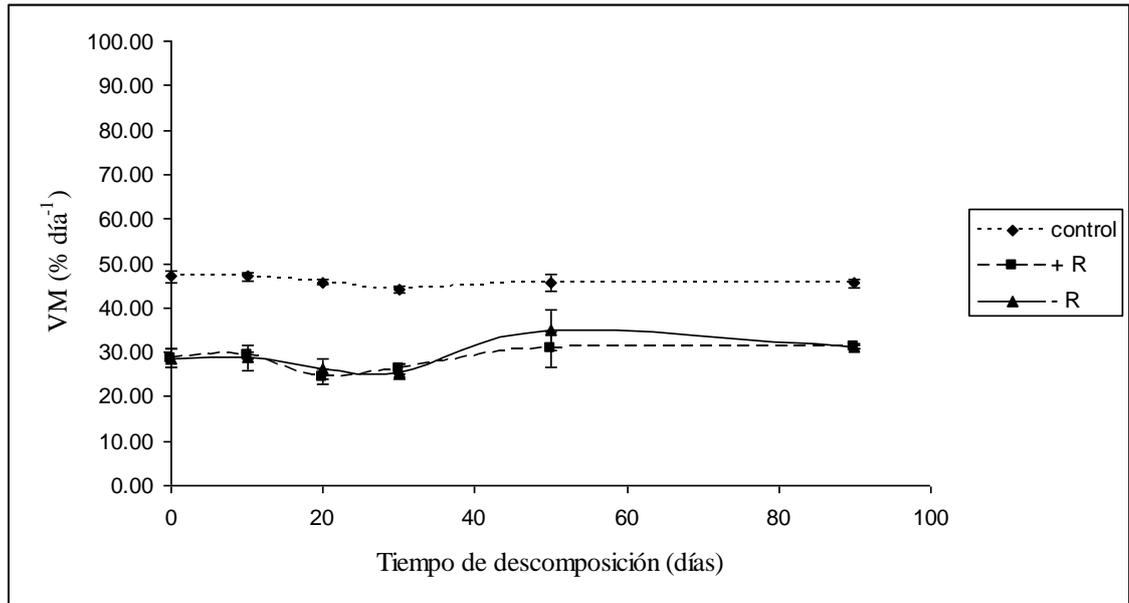


Figura 8. Valor máximo de germinación (VM) y Capacidad Germinativa (CG) de semillas de *L. angustifolius* var. Gunguru embebidas con extractos de rastrojo que recibieron distintos niveles de riego. La barra indica dos desviaciones estándar.

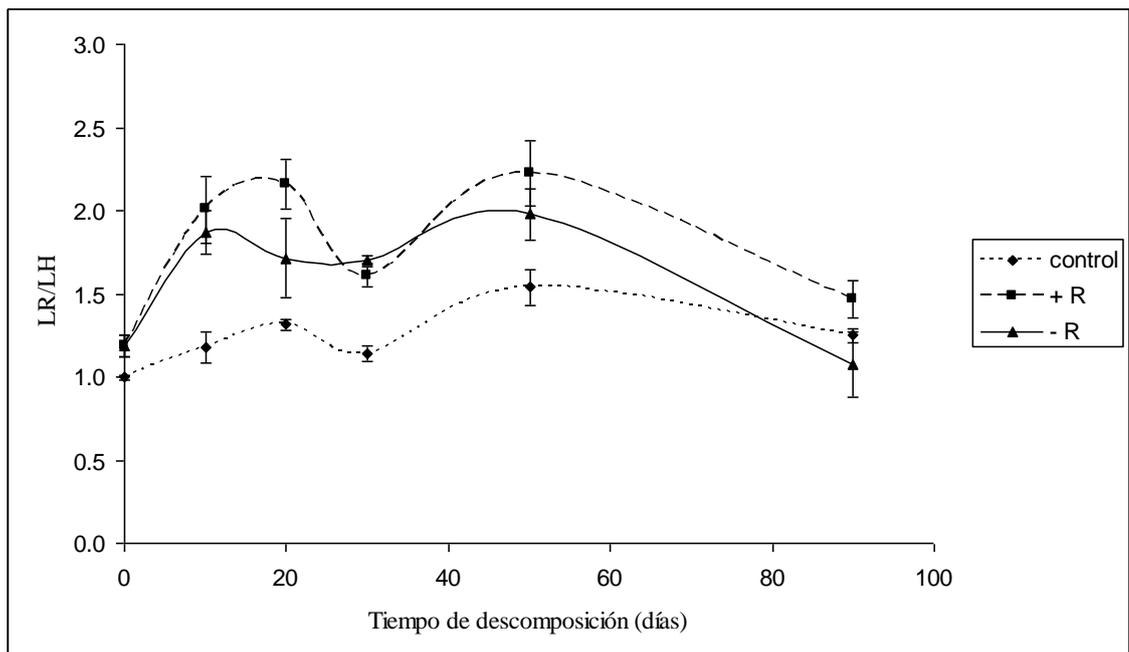
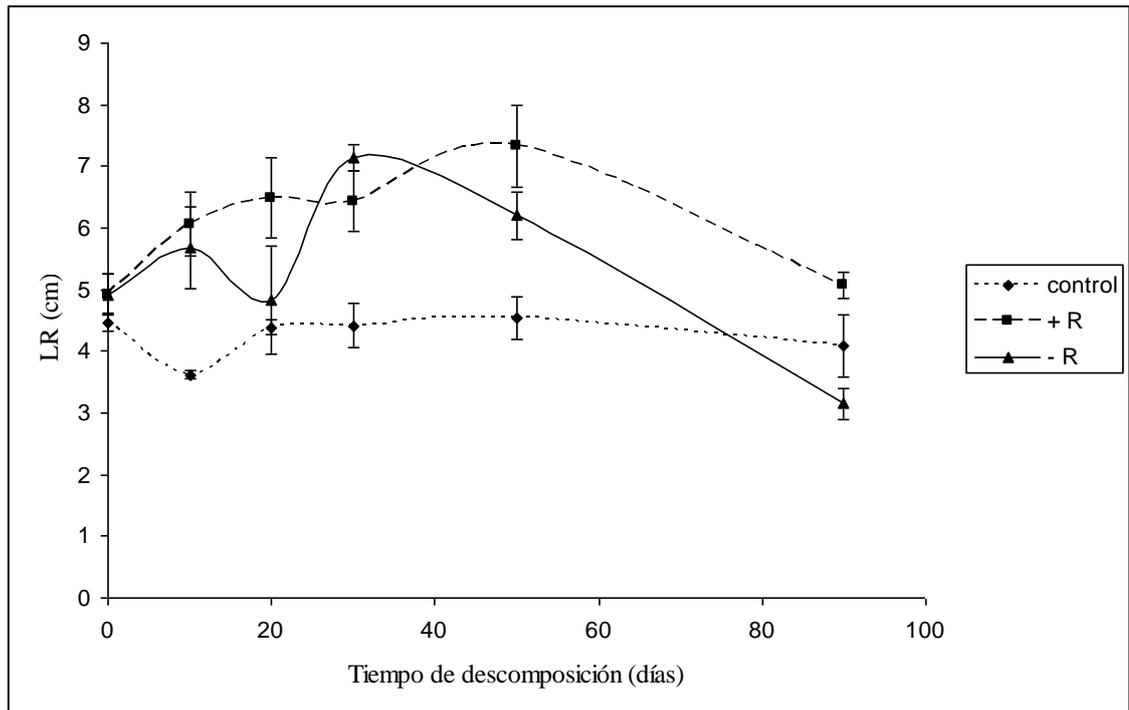


Figura 9. Longitud de radícula (LR) y relación Longitud de radícula/Longitud de hipocotilo (LR/LH) de semillas de *L. angustifolius* var. Gunguru embebidas con extractos de rastrojo que recibieron distintos niveles de riego. La barra indica dos desviaciones estándar.

DISCUSIÓN

Sensibilidad de genotipos de lupino al extracto de rastrojo de trigo

Cuando la semilla se embebió en agua destilada sin extracto de rastrojo hubo diferente respuesta a la germinación en ambas especies de *Lupinus*. *Lupinus angustifolius* tuvo un mayor VM que *Lupinus albus* (Cuadro 3), esto puede deberse al menor tamaño de semilla, ya que las semillas pequeñas germinan más rápido que aquellas de mayor tamaño (Wilson y Thurling, 1996).

En presencia de extracto de rastrojo de trigo *Lupinus angustifolius* mostró una disminución en el VM, por lo tanto el tiempo necesario para alcanzar la germinación máxima aumentó con el incremento en la concentración de extracto; situación similar a la observada por otros autores (Díaz, 1991; Chung *et al.*, 2003). En cambio, *Lupinus albus* no redujo el VM en respuesta al extracto de rastrojo de trigo, lo que podría indicar una menor sensibilidad de esta especie al extracto de rastrojo de trigo. La disminución de VM en condiciones de campo puede implicar un menor establecimiento de plantas de la especie que tuvo una mayor sensibilidad, debido a que la semilla está expuesta por un mayor período de tiempo a un posible ataque de fitopatógenos del suelo.

El VM disminuyó en la mayoría de los genotipos de *Lupinus angustifolius* con diferentes intensidades (Figura 10), evidenciando una interacción genotipo * concentración de extracto, lo que se reflejó en distintas respuestas entre los genotipos de *L. angustifolius* cuando fueron embebidos con extracto de rastrojo de trigo. En cambio en *Lupinus albus* esto no se aprecia, ya que los genotipos con un menor VM en agua destilada también presentaron un VM menor con el incremento de la concentración de extracto (Figura 11). Por lo tanto, la selección de genotipos de *Lupinus angustifolius* y *Lupinus albus* menos sensibles al extracto de rastrojo de trigo debe hacerse de diferente forma. En el caso de *Lupinus angustifolius* la selección debe ser hecha en presencia de extracto, mientras que en *Lupinus albus* la selección puede hacerse en agua.

En *L. angustifolius* se observó un aumento significativo en LR a medida que aumentó la concentración de extracto de rastrojo de trigo, situación contrastante con trabajos hechos con gramíneas donde uno de los principales efectos de los extractos es la reducción de LR (Kimber, 1967; Kimber, 1973; Lovett y Jessop, 1982). Sin embargo, Díaz (1991), observó un aumento en LR en trébol subterráneo (*Trifolium brachycalycinum* Katzn y Morley) cuando fue tratado con extracto de trigo y avena, lo que posiblemente evidencia una respuesta distinta en leguminosas ante la presencia de extracto de rastrojos, Chon *et al.* (2000) encontró una respuesta similar cuando trata semillas de alfalfa con extractos aéreos de alfalfa.

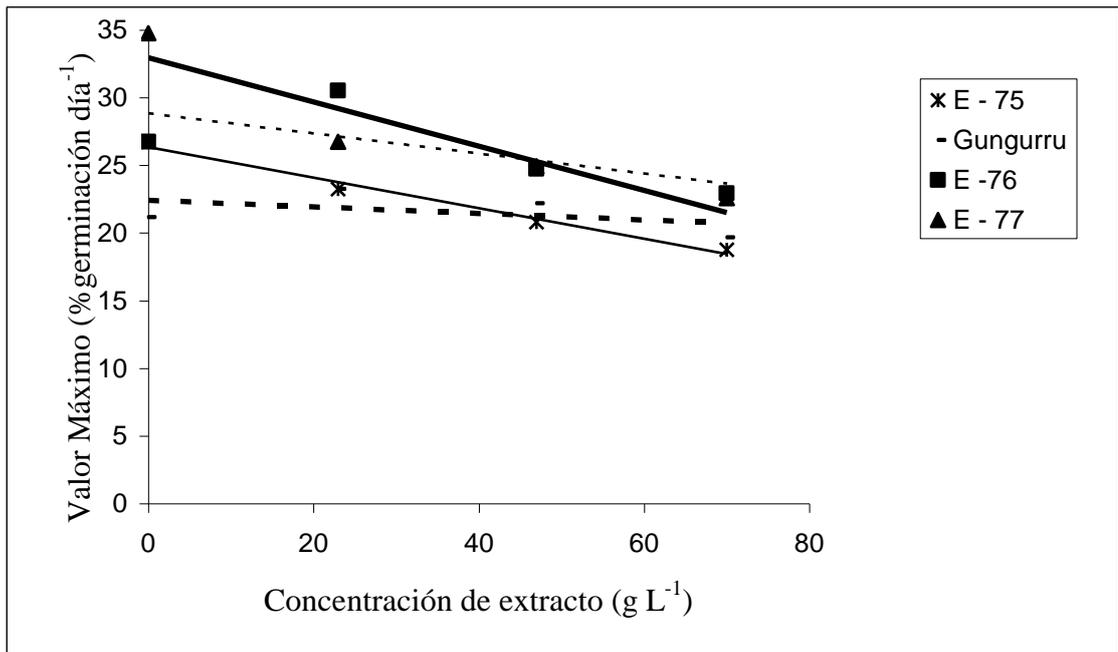


Figura 10. Valor Máximo para los genotipos de *Lupinus angustifolius* E - 75, E - 76, E - 77 y Gungurru para las distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.

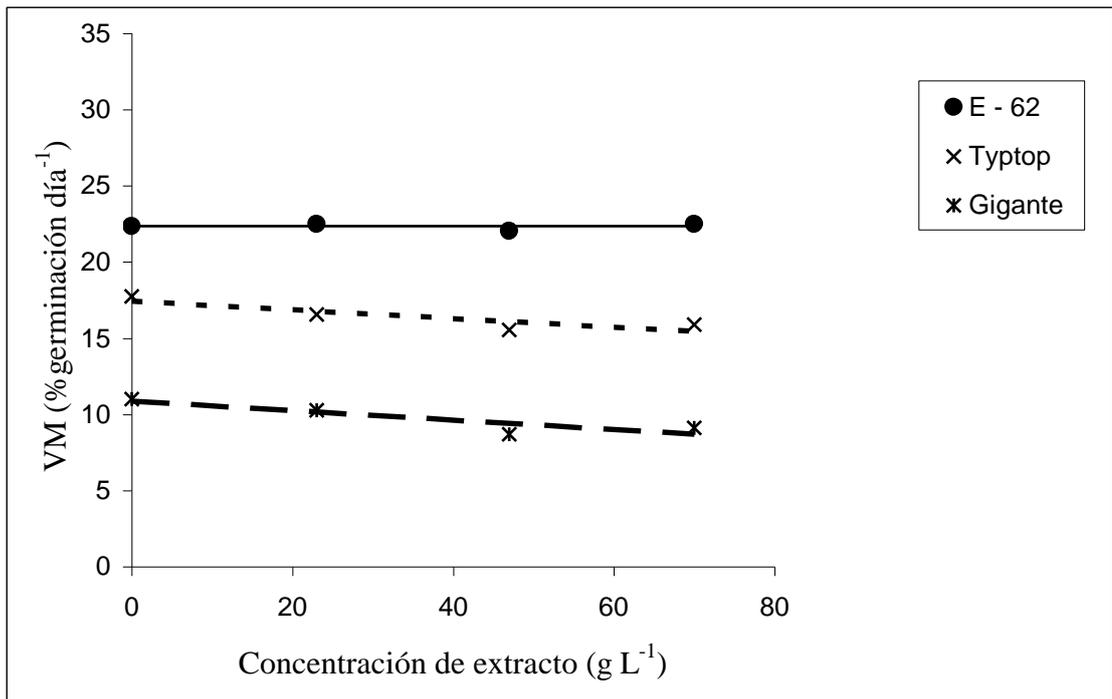


Figura 11. Valor Máximo para los genotipos de *Lupinus albus* E - 62, Tryptop y Gigante para las distintas concentraciones de extracto de rastrojo de trigo.

Capacidad alelopática de rastrojo de trigo en descomposición

El porcentaje de descomposición de 5 y 10 Mg rastrojo ha⁻¹ fue similar (Figura 6). Las diferencias se debieron al agua aplicada siendo mayor la descomposición del rastrojo de trigo en aquellos tratamientos con carga hídrica comparado con el tratamiento sin carga hídrica. Sin embargo, los tratamientos con carga hídrica no tuvieron diferencias entre sí. Esto puede deberse a que la descomposición del rastrojo es más influenciada por eventos de lluvia que por la cantidad de lluvia aplicada. Una respuesta similar obtuvo García de Cortazar *et al.* (2003) en ensayos realizados en la Estación Experimental Antumapu donde la descomposición de los rastrojos no fue proporcional a la cantidad de agua aplicada, sino al requerimiento de un mínimo de precipitación para favorecer la descomposición.

A diferencia de la descomposición de rastrojo el establecimiento del cultivo de lupino aumentó con las mayores aplicaciones de agua. La presencia de humedad a altas temperaturas es importante para el crecimiento de microorganismos. La mayoría de los microorganismos del suelo se consideran como mesófilos, su máximo crecimiento y actividad ocurre entre 20 y 35 °C, por otra parte la menor presencia de humedad causa una menor reproducción y crecimiento de microorganismos (Parr y Papendick, 1978). Presencia de humedad a altas temperaturas provocan una descomposición y liberación de aleloquímicos más rápida, reduciendo la persistencia de los compuestos alelopáticos en el suelo (An *et al.*, 2002). La aplicación de 219 y 48, 6 mm de agua en periodos de mayor temperatura mostraron un aumento del establecimiento lupino, con respecto al tratamiento que recibió la precipitación de clima mediterráneo del lugar, esto demuestra que aplicaciones de agua en periodos de mayor temperatura tendrían un impacto en la reducción de aleloquímicos del suelo aumentando el establecimiento de lupino.

En las parcelas sin rastrojo (0 Mg ha⁻¹), aumentó el establecimiento con las mayores precipitaciones, lo cual refleja un grado de toxicidad asociado al suelo que va disminuyendo con la mayor precipitación. La liberación de estos compuestos al ambiente puede ser de diversas formas, entre ellas por exudaciones radiculares (Tukey, 1969), por lo tanto, es importante recordar que estas parcelas sin rastrojo superficial, tuvieron trigo la temporada anterior, evidenciando un efecto alelopático de sus raíces que aún se encuentran en suelo, efecto que fue reducido con precipitaciones en periodos de alta temperatura.

Es importante señalar que las parcelas sin riego recibieron la precipitación normal de un clima mediterráneo, antes de la siembra del cultivo habían caído 102,4 mm. En esta condición las parcelas con rastrojo de trigo, independiente de la cantidad, fueron igualmente alelopáticas a las parcelas sin rastrojo. Solo cuando se aplicó una alta cantidad de precipitación (219 mm + 102,4 mm) se observó un rastrojo que ofreció menos problemas de establecimiento al lupino. En esta condición el establecimiento de lupino solo se redujo con una alta cantidad de rastrojo. Solo en este tratamiento se observó que el mayor efecto alelopático estuvo asociado a la mayor cantidad de rastrojo, asociación que esta descrita por varios autores (Séne *et al.*, 2000; An *et al.*, 2002), sin

embargo, es interesante destacar que esto se observó sólo después que el rastrojo recibió altas aplicaciones de agua, las cuales no provocaron diferencias en la cantidad de rastrojo descompuesto, evidenciándose con esto un efecto químico más que físico de la presencia de rastrojo sobre el establecimiento de lupino.

El bioensayo mostró que los extractos acuosos provenientes del rastrojo colocado en el campo afectaron la germinación de semillas, en especial la variable VM, comparado con las semillas que germinaron en agua destilada, pero los bioensayos no mostraron diferencias en la capacidad alelopática entre extractos de rastrojos de trigo con distinto grado de descomposición. Esta situación no concordó con lo observado en campo donde el tratamiento hídrico fue el que provocó el mayor cambio en la capacidad alelopática de los residuos, lo que indicaría que los aleloquímicos presentes en el suelo tienen un fuerte efecto inhibitor de la germinación y crecimiento inicial de lupino a través de productos exudados por las raíces de trigo o por la interacción de los productos exudados desde el rastrojo con el suelo.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta memoria son las siguientes:

Las especies de *Lupinus* estudiadas tienen diferente sensibilidad al extracto de rastrojo de trigo, *Lupinus angustifolius* es más sensible que *Lupinus albus*.

La variable más sensible para distinguir diferencias interespecíficas e intraespecíficas es el valor máximo de germinación (VM).

Las diferencias intraespecíficas en *L. albus* son consecuencia de las diferencias entre genotipos, mientras que las diferencias entre los genotipos de *L. angustifolius* son debido a la interacción genotipo * concentración de extracto.

El mayor establecimiento de lupino es influenciado principalmente por la aplicación de riego durante el periodo de mayor temperatura más que por la cantidad de rastrojo superficial.

El bioensayo con extracto de rastrojo de trigo no identificó diferencias alelopáticas entre los residuos de distinto grado de descomposición.

El porcentaje de pérdida en peso del rastrojo fue similar, solo cambió en presencia de riego y no por la cantidad de rastrojo.

LITERATURA CITADA

- ACEVEDO, E. 2003. Sustentabilidad de cultivos anuales. pp.9-12. *In: Sustentabilidad de cultivos anuales. Cero labranza manejo de rastrojos.* Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 8. 184pp.
- ACEVEDO, E. y SILVA, P. 2003. *Agronomía de la Cero Labranza.* Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 10. 118pp.
- AHN, J.K. AND CHUNG, I.M. 2000. Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of banyardgrass. *Agronomy Journal* 92:1162-1167.
- AN, M., JOHNSON, I.R., AND LOVETT, J.V. 2002. Mathematical modelling of residue allelopathy: the effects of intrinsic and extrinsic factors. *Plant and Soil* 246:11-22.
- BAYUELO – JIMÉNEZ, J. S., CRAIG, R., AND LYNCH, J. P. 2002. Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. *Crop Science* 42: 1584 -1594.
- BEN-HAMMOUDA, M., KREMER, R.J. AND MINOR, H.C. 1995. Phytotoxicity of extracts from sorghum plant components on wheat seedlings. *Crop Science* 35:1652-1656.
- BHOWMIK, P.C. AND DOLL, J.D. 1982. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residue. *Agronomy Journal* 74:601 – 606.
- BRISTOW, R.L., CAMPBELL, G.S., PAPENDICK, R.I., AND ELLIOT, L.F. 1986. Simulation of heat and moisture transfer through a surface residue – soil system. *Agricultural for Meteorological* 36:193-214.
- BRUCE, S. AND CHRISTEN, O. 2001. Phytotoxicity of wheat leachates and ferulic acid to germination and radicle elongation of canola. *Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, 2001.*
- CHON, S., COUTTS, J. H., AND NELSON, C.J. 2000. Effects of light, growth media, and seedling orientantion on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agronomy Journal* 92:715-720.
- CHUNG, I.M., KIM, K.H., AHN, J.K., LEE, S.B., KIM, S.H. and HAHN, S.J. 2003. Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw, and hull extracts on barnyardgrass. *Agronomy Journal* 95:1063-1070.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio Agrológico del Proyecto Maipo. Agrológ Chile Ltda., Santiago. 4v. 802p.

CZABATOR, F. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8:386-396.

DIAZ, L.S. 1991. Allelopathic activity of decomposing straw of wheat and oat associated soil on some crop species. *Soil and Tillage Research* 21:113 – 120.

DOUGLAS, C.L., ALLMARAS, R.R., RASMUNSEN, P.E., RAMING, R.E., AND ROAGER, N.C. 1980. Wheat straw compositions and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest. *Soil Science Society of American Journal* 44:833-837.

EBANA, K., YAN, W., DILDAY, R. H, NAMAI, H. AND OKUNO, K. 2001. Variation in the allelopathic effect of rice with water soluble extracts. *Agronomy Journal* 93:12-16.

ELLIOT, L.F., McCALLA, T.M. AND WAISS, A.Jr. 1978. Phytotoxicity associated with residue management. *In Crop Residue Management System*. Ed. WR Oschwald. ASA Special Publication. American Society of Agronomy. 31:131 – 146. Madison, Wisconsin.

ERNST, O., BETANCUR, O., y BORGES, R. 2002. Descomposición de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo: trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o de soja. *Agrociencia* VI(1):20-26.

GARCÍA DE CORTAZAR, V., SILVA, P., ACEVEDO, E. 2003. Evaluación de un modelo predictivo sobre el efecto de la temperatura y humedad en la descomposición de rastrojo de trigo. *Agricultura Técnica (Chile)* 63 (1):69 – 80.

GUENZI, W.D. AND MCCALLA, T.M. 1966. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. *Agronomy Journal* 58:303-304.

GUENZI, W.D., MCCALLA, T.M. AND NORSTADT, F.A. 1967. Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oat, corn, and sorghum residues. *Agronomy Journal*. 59:163-165.

HANKS, R.J., KELLER, J., RASMUSSEN, V.P., AND WILSON, G.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation – crop production studies. *Soil Science Society of American Journal* 40:426-429.

HERRIN, L.L., COLLINS, F.C. AND CAVINESS, C.E. 1986. Techniques for identifying tolerance of soybean to phytotoxic substances in wheat straw. *Crop Science* 26:641-643.

KIMBER, R.W. 1967. Phytotoxicity from plant residues. I. The influence of rotted wheat straw on seedling growth. *Australian Journal Agricultural Research* 18:361-374.

KIMBER, R.W. 1973. Phytotoxicity from plant residues.II. The effect of time of rotting of straw from grasses and legumes on the growth of wheat seedlings. *Plant Soil* 38:347-361.

LOVETT, J.V. AND JESSOP, R.S. 1982. Effects of residues of crop plants on germination and early growth of wheat. *Australian Journal Agricultural Research*. 33:909-1016.

MOLISCH, H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere – Allelopathie*. Fischer, Jena, Germany.

ODEPA, 2008. Estadísticas y precios. Productivas: Cultivos anuales por región. Oficina de estudios y políticas agrarias. Ministerio de Agricultura. Chile. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/agrodatos/cultivosregional.xls>. Leído el 20 de Marzo de 2009.

PARR, J.F. AND PAPENDICK, R.I. 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. *In* *Crop Residue Management Systems*. Ed. W.R. Oschwald. ASA Special Publication N°31. (pp. 101-129). American Society of Agronomy, Madison, WI.

PURVIS, C.E. 1990. Differential responses of wheat to retained crop stubbles: I. Effect of stubble type and degree of decomposition. *Australian Journal Agricultural Research*. 41:225-242.

PURVIS, C.E. AND JONES, G.P.D. 1990. Differential response of wheat to retained crop stubbles. II. Other factors influencing allelopathic potential; intraspecific variation, soil type and stubble quantity. *Australian Journal Agricultural Research* 41:243-251.

ROTH, C. M., SHROYER, J.P. and PAULSEN, G.M. 2000. Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agronomy Journal* 92:855-860.

SÈNE, M., DORÉ, T. AND GALLET, C. 2000. Relationships between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions. *Agronomy Journal*. 93:49-54.

STEINSIEK, J.W., OLIVER, L.R., AND COLLINS, F.C. 1982. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selectes weed species. *Weed Science* 30:495-497.

STOOT, D.E., ELLIOT, L.F., PAPENDICK, R.I. AND CAMPBELL, G.S. 1986. Low temperature or low water potential effects on the microbial decomposition of wheat residue. *Soil Biological Biochemistry* 18:577 – 582.

SUMMERELL, B.A. AND BURGESS, L.W. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biological Biochemistry* 21:551 – 559.

TUKEY, Jr. H. B. 1969. Implications of allelopathy in agricultural plant science. *Bot. Rev.* 35: 1 – 16.

VELÁZQUEZ, J de J., SALINAS, J. R., POTTER, K. N., GALLARDO, M., CABALLERO, F. y DÍAZ, P. 2002. Cantidad, cobertura y descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra* 20 (2): 171 - 182.

VIDAL, I. y TRONCOSO, H. 2003. Manejo de rastrojos en cultivos bajo cero labranza. *In: Sustentabilidad en Cultivos Anuales: Cero Labranza, Manejo de Rastrojos.* Acevedo, E. (ed.). Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, serie Ciencias Agronómicas N°8. 57 - 82.

WIEGERT, R.G. AND EVANS, F.C. 1964. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in Southeastern Michigan. *Ecology* 45:49 - 63.

WILSON, C.E. AND THURLING, N. 1996. Effect of sowing depth and water potential on seedling emergence of *Lupinus* species. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36:463 - 471.

APENDICE I

Prueba de Kruskal Wallis Especies (*Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius*)

Vari	especie	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
VM	1	1	28	18,53	4,43	19,20	90,42	<0,0001
VM	1	2	28	17,60	4,10	18,70		
VM	1	3	28	17,88	5,04	18,80		
VM	1	4	28	17,37	4,99	17,80		
VM	2	1	36	27,11	7,12	25,00		
VM	2	2	36	25,89	7,80	24,00		
VM	2	3	36	22,87	4,22	22,50		
VM	2	4	36	20,51	3,79	21,00		

Trat.	Ranks		
1:2	77,27	A	
1:4	79,84	A	
1:3	89,21	A	B
1:1	92,34	A	B
2:4	121,26		B
2:3	155,76		C
2:2	179,40		C D
2:1	193,94		D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Varia	especie	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
LR(cm)	1	1	28	6,72	2,23	6,76	47,00	<0,0001
LR(cm)	1	2	28	7,82	2,59	7,23		
LR(cm)	1	3	28	8,22	2,58	7,47		
LR(cm)	1	4	28	7,71	2,93	6,97		
LR(cm)	2	1	36	5,32	1,26	5,05		
LR(cm)	2	2	36	5,12	0,94	5,10		
LR(cm)	2	3	36	6,71	1,61	6,82		
LR(cm)	2	4	36	6,22	1,59	6,14		

Trat.	Medias	Ranks		
2:2	5,12	54,37	A	
2:1	5,32	61,04	A	B
2:4	6,22	89,26		B C
1:1	6,72	103,69		C D
2:3	6,71	105,30		C D
1:4	7,71	121,31		D
1:2	7,82	126,62		D
1:3	8,22	132,14		D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Varia	espécie	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
LR/LH	1	1	28	2,78	0,69	2,96	136,88	<0,0001
LR/LH	1	2	28	3,51	0,62	3,46		
LR/LH	1	3	28	3,58	0,96	3,48		
LR/LH	1	4	28	3,25	0,70	3,05		
LR/LH	2	1	36	1,22	0,30	1,12		
LR/LH	2	2	36	1,23	0,33	1,22		
LR/LH	2	3	36	1,72	0,74	1,29		
LR/LH	2	4	36	1,48	0,33	1,46		

Trat.	Medias Ranks		
2:1	1,22	41,15	A
2:2	1,23	44,56	A B
2:4	1,48	68,00	A B
2:3	1,72	72,70	B
1:1	2,78	131,38	C
1:4	3,25	146,90	C
1:3	3,58	155,57	C
1:2	3,51	157,33	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Prueba de Kruskal Wallis *Lupinus albus*

Varia	N°gen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
VM	1	1	4	18,75	3,00	18,00	74,16	<0,0001
VM	1	2	4	17,80	0,85	17,60		
VM	1	3	4	18,20	1,65	18,40		
VM	1	4	4	17,65	2,62	18,30		
VM	2	1	4	22,35	4,22	21,50		
VM	2	2	4	22,50	1,91	23,00		
VM	2	3	4	22,05	2,37	22,50		
VM	2	4	4	22,50	2,38	22,50		
VM	3	1	4	20,30	1,19	20,00		
VM	3	2	4	19,70	1,99	20,50		
VM	3	3	4	21,15	2,68	21,50		
VM	3	4	4	18,25	2,63	17,50		
VM	4	1	4	21,98	2,47	21,85		
VM	4	2	4	19,75	0,50	20,00		
VM	4	3	4	21,25	0,96	21,50		
VM	4	4	4	21,10	2,43	21,00		
VM	5	1	4	17,58	3,68	16,95		
VM	5	2	4	16,60	3,48	17,20		
VM	5	3	4	18,20	4,50	17,60		
VM	5	4	4	17,08	3,87	16,80		

continua

continuación

Varia	Nºgen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas
VM	6	1	4	17,75	2,44	18,30
VM	6	2	4	16,55	2,49	16,40
VM	6	3	4	15,55	1,41	15,10
VM	6	4	4	15,90	3,58	15,80
VM	7	1	4	11,01	2,33	10,85
VM	7	2	4	10,28	2,50	9,80
VM	7	3	4	8,73	4,25	9,80
VM	7	4	4	9,13	4,70	10,55

Trat.	Medias	Ranks
7:3	8,73	8,00 A
7:2	10,28	9,25 A B
7:4	9,13	9,25 A B
7:1	11,01	11,25 A B C
6:3	15,55	32,00 A B C D
6:4	15,90	38,13 A B C D E
6:2	16,55	40,50 A B C D E F
5:2	16,60	43,50 A B C D E F G
1:2	17,80	46,38 A B C D E F G H
5:4	17,08	46,88 A B C D E F G H
1:4	17,65	49,63 A B C D E F G H I
6:1	17,75	50,63 A B C D E F G H I J
5:1	17,58	52,75 A B C D E F G H I J
1:3	18,20	53,50 B C D E F G H I J
3:4	18,25	53,75 B C D E F G H I J
5:3	18,20	55,25 C D E F G H I J
1:1	18,75	57,75 D E F G H I J
4:2	19,75	70,63 D E F G H I J
3:2	19,70	70,88 D E F G H I J
3:1	20,30	76,75 D E F G H I J
4:4	21,10	81,75 E F G H I J
3:3	21,15	82,38 E F G H I J
2:1	22,35	85,00 F G H I J
4:3	21,25	87,13 G H I J
4:1	21,98	89,88 H I J
2:3	22,05	90,25 H I J
2:4	22,50	94,13 I J
2:2	22,50	94,88 J

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Vari	Nºgen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CG	1	1	4	99,00	2,00	100,00	55,43	0,0004
CG	1	2	4	97,00	6,00	100,00		

continua

continuación

Vari	N°gen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas
CG	1	3	4	95,00	2,00	96,00
CG	1	4	4	97,00	3,83	98,00
CG	2	1	4	100,00	0,00	100,00
CG	2	2	4	97,00	3,83	98,00
CG	2	3	4	97,00	2,00	96,00
CG	2	4	4	99,00	2,00	100,00
CG	3	1	4	98,00	2,31	98,00
CG	3	2	4	93,00	8,25	94,00
CG	3	3	4	96,00	3,27	96,00
CG	3	4	4	88,00	8,64	90,00
CG	4	1	4	95,00	3,83	94,00
CG	4	2	4	90,00	9,52	90,00
CG	4	3	4	96,00	3,27	96,00
CG	4	4	4	97,00	3,83	98,00
CG	5	1	4	93,00	3,83	94,00
CG	5	2	4	95,00	3,83	94,00
CG	5	3	4	97,00	3,83	98,00
CG	5	4	4	96,00	4,62	96,00
CG	6	1	4	86,00	12,00	84,00
CG	6	2	4	84,00	10,83	80,00
CG	6	3	4	86,00	12,44	90,00
CG	6	4	4	83,00	8,25	84,00
CG	7	1	4	82,00	9,90	78,50
CG	7	2	4	78,75	12,92	77,00
CG	7	3	4	64,75	28,05	74,50
CG	7	4	4	66,25	29,33	75,00

Trat.	Medias	Ranks
7:3	64,75	13,38 A
7:4	66,25	15,25 A
7:2	78,75	22,88 A B
6:4	83,00	23,38 A B C
7:1	82,00	25,25 A B C
6:3	86,00	35,13 A B C D
6:2	84,00	35,38 A B C D
3:4	88,00	36,75 A B C D
6:1	86,00	40,38 A B C D
4:2	90,00	49,63 A B C D E
5:1	93,00	49,63 A B C D E
1:3	95,00	58,38 A B C D E F
3:2	93,00	60,38 B C D E F
4:1	95,00	60,50 B C D E F
5:2	95,00	60,50 B C D E F
4:3	96,00	66,13 B C D E F
3:3	96,00	66,13 B C D E F

continua

continuación

Trat.	Medias	Ranks				
5:4	96,00	68,25	C	D	E	F
2:3	97,00	71,75		D	E	F
2:2	97,00	73,88		D	E	F
1:4	97,00	73,88		D	E	F
4:4	97,00	73,88		D	E	F
5:3	97,00	73,88		D	E	F
1:2	97,00	78,50		D	E	F
3:1	98,00	79,50		D	E	F
1:1	99,00	87,25			E	F
2:4	99,00	87,25			E	F
2:1	100,00	95,00				F

Letras distintas indican diferencias significativas ($p <= 0,05$)

Variable	Nºgenotipo	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
LR/LH	1	1	4	3,18	0,29	3,07	45,49	0,0144
LR/LH	1	2	4	4,11	0,29	4,02		
LR/LH	1	3	4	3,70	0,62	3,64		
LR/LH	1	4	4	3,54	1,07	2,97		
LR/LH	2	1	4	2,68	0,81	2,90		
LR/LH	2	2	4	3,37	0,80	2,92		
LR/LH	2	3	4	3,39	1,24	3,27		
LR/LH	2	4	4	2,88	0,20	2,99		
LR/LH	3	1	4	2,89	0,59	3,15		
LR/LH	3	2	4	2,99	0,12	2,97		
LR/LH	3	3	4	3,56	0,55	3,64		
LR/LH	3	4	4	3,09	0,13	3,05		
LR/LH	4	1	4	3,00	0,91	3,05		
LR/LH	4	2	4	3,39	0,29	3,46		
LR/LH	4	3	4	4,36	1,14	3,95		
LR/LH	4	4	4	3,78	0,43	3,54		
LR/LH	5	1	4	2,22	0,19	2,18		
LR/LH	5	2	4	3,81	0,30	3,94		
LR/LH	5	3	4	3,50	0,63	3,43		
LR/LH	5	4	4	3,41	0,22	3,37		
LR/LH	6	1	4	3,54	0,35	3,66		
LR/LH	6	2	4	3,86	0,78	3,60		
LR/LH	6	3	4	4,19	1,14	4,48		
LR/LH	6	4	4	3,49	1,29	3,28		
LR/LH	7	1	4	1,95	0,22	1,97		
LR/LH	7	2	4	3,05	0,79	3,05		
LR/LH	7	3	4	2,34	0,44	2,10		
LR/LH	7	4	4	2,54	0,37	2,42		

Trat.	Medias	Ranks						
7:1	1,95	4,00	A					
5:1	2,22	10,00	A	B				
7:3	2,34	10,33	A	B				
7:4	2,54	17,67	A	B	C			
2:1	2,68	24,33	A	B	C	D		
2:4	2,88	27,33	A	B	C	D		
3:2	2,99	29,33	A	B	C	D		
3:1	2,89	33,33	A	B	C	D	E	
4:1	3,00	35,33	A	B	C	D	E	
3:4	3,09	36,33	A	B	C	D	E	
7:2	3,05	37,67	A	B	C	D	E	
1:1	3,18	40,00	A	B	C	D	E	
2:2	3,37	40,00	A	B	C	D	E	
1:4	3,54	43,00	A	B	C	D	E	
2:3	3,39	45,33		B	C	D	E	
6:4	3,49	47,67		B	C	D	E	
5:3	3,50	49,00		B	C	D	E	
4:2	3,39	50,00			C	D	E	
5:4	3,41	51,67			C	D	E	
3:3	3,56	53,67			C	D	E	
6:1	3,54	56,00			C	D	E	
1:3	3,70	58,67				D	E	
6:2	3,86	61,00				D	E	
6:3	4,19	62,00				D	E	
4:4	3,78	62,33				D	E	
5:2	3,81	63,33				D	E	
4:3	4,36	69,00					E	
1:2	4,11	71,67						E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Prueba de Kruskal Wallis *Lupinus angustifolius*

Varia	N°gen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
VM	8	1	4	27,00	3,83	26,00	61,99	0,0030
VM	8	2	4	22,75	3,50	21,00		
VM	8	3	4	24,43	4,66	23,50		
VM	8	4	4	19,00	4,97	20,50		
VM	9	1	4	28,00	4,69	28,50		
VM	9	2	4	27,25	8,54	23,50		
VM	9	3	4	24,33	3,35	23,00		
VM	9	4	4	20,75	3,59	21,50		
VM	10	1	4	31,25	6,70	31,00		
VM	10	2	4	35,25	13,35	32,50		
VM	10	3	4	24,58	5,00	22,50		
VM	10	4	4	23,75	5,56	21,50		
VM	11	1	4	26,50	6,61	24,00		

continua

continuación

Varia	Nºgen	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas
VM	11	2	4	22,18	3,05	21,00
VM	11	3	4	21,25	4,72	20,00
VM	11	4	4	19,45	2,71	19,00
VM	12	1	4	26,75	5,38	27,50
VM	12	2	4	23,25	4,03	23,00
VM	12	3	4	20,80	2,59	21,10
VM	12	4	4	18,75	3,86	18,50
VM	13	1	4	26,75	4,27	26,50
VM	13	2	4	30,50	11,68	25,00
VM	13	3	4	24,75	4,92	23,00
VM	13	4	4	22,93	3,64	23,50
VM	14	1	4	34,75	14,50	34,50
VM	14	2	4	26,75	6,18	27,50
VM	14	3	4	24,93	3,94	23,50
VM	14	4	4	22,58	1,65	22,65
VM	15	1	4	21,18	1,39	21,00
VM	15	2	4	23,25	3,13	23,15
VM	15	3	4	22,18	3,91	22,00
VM	15	4	4	19,68	3,45	21,00
VM	16	1	4	21,85	4,59	20,70
VM	16	2	4	21,85	4,02	21,85
VM	16	3	4	18,58	3,39	19,50
VM	16	4	4	17,75	1,26	18,00

Trat.	Ranks
16:4	14,00 A
16:3	28,38 A B
11:4	33,00 A B C
12:4	33,25 A B C
15:4	39,00 A B C D
8:4	40,38 A B C D E
11:3	47,50 A B C D E F
15:1	48,00 A B C D E F
12:3	48,63 A B C D E F
9:4	51,88 A B C D E F G
16:1	55,25 A B C D E F G H
11:2	58,25 A B C D E F G H
16:2	59,00 A B C D E F G H
15:3	62,63 A B C D E F G H I
8:2	63,00 A B C D E F G H I
10:4	66,75 A B C D E F G H I J
14:4	70,25 A B C D E F G H I J
12:2	71,75 A B C D E F G H I J
13:4	74,50 B C D E F G H I J
15:2	74,88 B C D E F G H I J

continua

continuación

Trat.	Ranks	
8:3	79,88	B C D E F G H I J
10:3	80,63	B C D E F G H I J
13:3	83,00	B C D E F G H I J
9:3	85,00	B C D E F G H I J
14:3	89,00	C D E F G H I J
11:1	92,00	D E F G H I J
14:2	92,63	D E F G H I J
9:2	92,75	D E F G H I J
12:1	96,88	E F G H I J
13:1	103,25	F G H I J
14:1	104,50	F G H I J
8:1	108,25	G H I J
13:2	110,00	H I J
9:1	110,63	H I J
10:2	119,63	I J
10:1	121,75	J

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Varia	Nºgenotipo	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CG	8	1	4	92,00	13,47	98,00	57,43	0,0051
CG	8	2	4	94,00	2,31	94,00		
CG	8	3	4	96,00	8,00	100,00		
CG	8	4	4	84,00	24,22	94,00		
CG	9	1	4	95,00	5,03	96,00		
CG	9	2	4	95,00	3,83	94,00		
CG	9	3	4	94,00	5,16	94,00		
CG	9	4	4	89,00	12,81	90,00		
CG	10	1	4	98,00	2,31	98,00		
CG	10	2	4	100,00	0,00	100,00		
CG	10	3	4	93,00	8,87	96,00		
CG	10	4	4	93,00	5,03	92,00		
CG	11	1	4	92,00	13,47	98,00		
CG	11	2	4	92,00	8,64	94,00		
CG	11	3	4	91,00	15,45	98,00		
CG	11	4	4	91,00	12,81	96,00		
CG	12	1	4	94,00	9,52	98,00		
CG	12	2	4	93,00	5,03	92,00		
CG	12	3	4	91,00	10,52	94,00		
CG	12	4	4	85,00	15,10	84,00		
CG	13	1	4	94,00	5,16	94,00		
CG	13	2	4	97,00	3,83	98,00		
CG	13	3	4	99,00	2,00	100,00		
CG	13	4	4	97,00	6,00	100,00		
CG	14	1	4	98,00	2,31	98,00		
CG	14	2	4	96,00	3,27	96,00		

continua

continuación

Varia	Nºgenotipo	dosis	N	Medias	D.E.	Medianas
CG	14	3	4	96,00	3,27	96,00
CG	14	4	4	89,00	13,61	92,00
CG	15	1	4	79,00	7,57	82,00
CG	15	2	4	85,00	10,00	80,00
CG	15	3	4	88,00	7,30	88,00
CG	15	4	4	81,00	15,45	84,00
CG	16	1	4	71,00	3,83	70,00
CG	16	2	4	80,00	3,27	80,00
CG	16	3	4	72,00	11,78	74,00
CG	16	4	4	68,00	13,47	74,00

Trat.	Ranks	
16:1	11,75	A
16:4	14,13	A B
16:3	19,25	A B C
15:1	29,25	A B C D
16:2	30,50	A B C D
15:4	41,13	A B C D E
15:3	53,13	A B C D E F
15:2	53,25	A B C D E F
12:4	57,63	A B C D E F G
8:4	66,25	A B C D E F G H
8:2	71,00	B C D E F G H
12:3	71,13	B C D E F G H
12:2	71,63	B C D E F G H
10:4	71,63	B C D E F G H
11:2	73,50	C D E F G H
9:4	73,63	C D E F G H
14:4	74,00	C D E F G H
11:4	75,13	C D E F G H
13:1	77,63	D E F G H
9:3	77,63	D E F G H
10:3	79,50	D E F G H
9:2	80,63	D E F G H
11:3	83,13	D E F G H
9:1	83,63	D E F G H
11:1	84,75	D E F G H
8:1	84,75	D E F G H
14:3	86,63	D E F G H
14:2	86,63	D E F G H
12:1	89,13	E F G H
13:2	96,25	E F G H
8:3	101,13	F G H
14:1	102,25	F G H
10:1	102,25	F G H

continua

continuación

<u>Trat.</u>	<u>Ranks</u>			
13:4	102,88	F	G	H
13:3	111,88			H
10:2	121,50			H

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)