

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y LOS
COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HABA HORTÍCOLA**

STEPHAN INÉS BENAVIDES SALINAS

Santiago, Chile

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y LOS
COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HABA HORTÍCOLA**

**EFFECT OF PLANT DENSITY ON YIELD AND YIELD COMPONENTS IN
HORTICULTURAL FABA BEAN**

STEPHAN INÉS BENAVIDES SALINAS

Santiago, Chile

2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFEECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y LOS
COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HABA HORTÍCOLA**

Memoria para optar al título profesional de: Ingeniera Agrónoma

STEPHAN INÉS BENAVIDES SALINAS

	Calificaciones
Profesoras Guías	
Sra. Cecilia Baginsky Guerrero Ingeniera Agrónoma, Dra.	6,5
Sra. Paola Silva Candia Ingeniera Agrónoma, Dra.	6,5
Profesores Evaluadores	
Sr. Edmundo Acevedo Hinojosa Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,0
Sr. Cristian Kremer Fariña Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8

Santiago, Chile

2016

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
HIPÓTESIS.....	5
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivo específicos.....	5
MATERIALES Y MÉTODO.....	6
Materiales.....	6
Ubicación del experimento.....	6
Método.....	6
Tratamientos.....	6
Diseño experimental.....	7
Preparación de suelo y siembra.....	8
Fertilización.....	8
Riego.....	8
Control de malezas.....	8
Control de plagas y enfermedades.....	9
Mediciones de crecimiento y desarrollo del cultivo.....	9
Fenología.....	9
Crecimiento.....	10
Rendimiento y sus componentes.....	10
Calidad del material de cosecha.....	11
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS.....	12
Características agroclimáticas del año experimental.....	12
Fenología.....	13
Rendimiento y componentes de rendimiento.....	14
Rendimiento y componentes de rendimiento de vainas comerciales.....	14
Rendimiento y componentes de rendimiento de granos comerciales.....	16
Calidad de vainas.....	18
Largo y ancho de vainas comerciales.....	18
Crecimiento de plantas.....	19
Altura de planta.....	19
Altura de inserción de la primera vaina comercial.....	21
Número de ramas totales por planta.....	23
Número de ramas productivas e improductivas por planta.....	25
DISCUSIÓN.....	27
Efecto del hábito de crecimiento en el rendimiento y los componentes de rendimiento.....	27
Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento y los componentes de	30

rendimiento.....	32
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
APÉNDICE.....	37
Apéndice I. Malezas presentes en el ensayo.....	37
Apéndice II. Fechas de ocurrencia de heladas durante el año experimental, estado fenológico del cultivo y temperatura de la helada.....	37
Apéndice III. Altura de planta bajo los factores cultivar y densidad, en días después de emergencia.....	38
Apéndice IV. Número de ramas totales bajo los factores cultivar y densidad, en días después de emergencia.....	38
Apéndice V. Relación lineal entre el número de ramas improductivas y el rendimiento en granos en kg ha^{-1}	39
Apéndice VI. Relación lineal entre el número de granos m^{-2} y el rendimiento en granos en kg ha^{-1}	39
Apéndice VII. Relación lineal entre el peso de los granos en g y el rendimiento en granos en kg ha^{-1}	40
Apéndice VIII. Coeficiente de variación en la calidad de las vainas, en relación al largo y ancho de vainas.....	40
Apéndice IX. Relación porcentual entre las ramas productivas y ramas totales por planta a cosecha bajo el factor densidad.....	40
Apéndice X. Componentes de rendimiento número de vainas totales m^{-2} y peso por vaina de los factores cultivar y densidad.....	41
Apéndice XI. Valores de rendimiento de vainas totales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.....	41
Apéndice XII. Valores de rendimiento de vainas comerciales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.....	42
Apéndice XIII. Valores de rendimiento de granos comerciales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.....	42
Apéndice XIV. Matriz de correlaciones (r).....	43

RESUMEN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en Chile se limita al uso de cultivares de hábito de crecimiento indeterminado, existiendo una gran desuniformidad en la madurez de vainas y granos. La introducción de cultivares de hábito de crecimiento determinado al país, con el fin de concentrar la cosecha de vainas y granos, y permitir la recolección mecánica de las mismas, debe ir acompañada de cambios en el manejo agronómico del cultivo, entre ellos, la densidad de plantas. Para ello se realizó un ensayo en el campo experimental Antumapu, Región Metropolitana, donde se evaluó el efecto de la densidad sobre el rendimiento de vainas y granos, y la calidad de las vainas producidas (largo y ancho). Además, se evaluó si la densidad incidió sobre la altura de planta, número de ramas totales, productivas e improductivas por planta y la altura de inserción de la primera vaina comercial. El ensayo se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con estructura factorial de tratamientos, utilizando 3 cultivares (2 determinados y 1 indeterminado) y 3 densidades (16, 25 y 50 plantas m⁻²).

Los resultados muestran que no hubo efecto de la densidad de plantas en la fenología del cultivo ni en la altura de plantas, no obstante las características de crecimiento influenciadas por la densidad fueron el número de ramas y la altura de inserción de la primera vaina, donde el aumento de la densidad generó una menor ramificación del cultivo y mayor altura de inserción de vainas. Además, la densidad tuvo efecto en el rendimiento de vainas y granos siendo la mejor opción productiva 50 plantas m⁻² para la obtención de vainas y 25 plantas m⁻² para la obtención de granos. En función de los resultados obtenidos, la principal fuente de variación en los rendimientos de vainas y granos fue el componente número de vainas m⁻², no así el peso de vainas y granos.

Palabras clave: *Vicia faba* L., hábito de crecimiento, cultivares determinados.

SUMMARY

The cultivation of bean (*Vicia faba* L.) in Chile is limited to the use of cultivars of indeterminate growth habit, existing a great non-uniformity in the maturity of pods and grains. The introduction of cultivars of determinate growth habit to the country, in order to concentrate the harvesting pods and grains, and allow mechanical harvesting of the same, must be accompanied by changes in agronomic crop management, between them, the plant density. For it, a test is carried out in the experimental field Antumapu, Metropolitan Region, where the effect of density on pod yield and grain, and the quality of the produced pods (length and width) was evaluated. Furthermore, was evaluated if the density had an impact on plant height, number of total, productive and unproductive branches per plant and the height of insertion of the first commercial pod. The trial was conducted under an experimental design of randomized complete blocks with factorial treatment structure using 3 cultivars (2 set to 1 indeterminate) and 3 densities (16, 25 and 50 plants m⁻²).

The results show that there was not effect of plant density on crop phenology and plant height, however the growth characteristics influenced by the density were the number of branches and height of insertion of the first pod, where the increased density generated lower crop branching and insertion height more pods. Furthermore, the density had an effect on pod yield and grain production being the best option 50 plants m⁻² to obtain pods and 25 plants m⁻² to obtain grains. Depending on the results, the main source of variation in yields of pods and grains was the component number of pods m⁻².

Keywords: *Vicia faba* L., growth habit, determinate cultivars.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de leguminosas de grano ha adquirido importancia, dada la creciente preocupación mundial por producciones sustentables y la protección de los recursos naturales (Confalone et al., 2010).

Una especie dentro de las leguminosas cultivadas en Chile, es el haba (*Vicia faba* L.) caracterizada por ser una planta dicotiledónea anual, perteneciente a la familia *Fabaceae*. En ella es posible distinguir tres variedades botánicas *mayor*, *equina* y *minor*, que se diferencian por el tamaño de sus semillas (Faiguenbaum, 2003).

El 85% de la producción de haba en Chile se destina a consumo fresco, representando el 2% de la superficie total de hortalizas producidas a nivel nacional (ODEPA, 2012), en tanto que el 15% se utiliza para la obtención de haba seca. De la superficie para consumo fresco, el 30% se emplea para la industria de congelados.

En Chile se siembran y producen diversos cultivares de haba, cuyo destino puede ser el mercado fresco y la industria alimentaria procesadora y congeladora. Existe a su vez, variabilidad en cuanto a características de los granos y su calidad culinaria, entre ellos, color, sabor, dureza, contenido de azúcares, entre otros (Faiguenbaum, 2003).

Una característica común a todos estos cultivares es que son de hábito de crecimiento de tipo indeterminado, en los cuales las plantas van floreciendo desde los nudos inferiores a los superiores, tanto en el tallo principal como en las ramas. Esto ocasiona que la maduración de vainas y granos sea desuniforme e imposibilita de esta manera, que las cosechas sean mecanizadas, obligando a que se realicen en forma manual, aumentando en consecuencia los costos de producción. En este sentido, el aumento en los costos y los bajos precios de venta han sido los principales factores que limitan el desarrollo del cultivo (Nadal, 2006).

Con el objeto de dar solución a este problema, los fitomejoradores han hecho importantes avances, generando genotipos de hábito de crecimiento determinado, con el fin de concentrar la producción de vainas, mantener el tamaño de los granos y que las plantas produzcan pocos nudos reproductivos y más vainas por nudo, apuntando con ello a uniformar la madurez de sus vainas y así posibilitar cosechas mecanizadas (Nadal et al., 2005). No obstante, estos genotipos presentan en forma individual rendimientos más bajos que los indeterminados, lo cual puede ser subsanado, en parte, con un aumento en la densidad de plantas (Filippetti y Robertson, 1991; Bozoglu et al., 2002).

El rendimiento en grano de leguminosas, está determinado por los componentes de rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de los granos (Confalone, 2008; Dahmardeh et al., 2010), los mayores rendimientos se alcanzan cuando los componentes se encuentran maximizados (Ayaz et al., 2004).

Los componentes de rendimiento pueden ser modificados por el manejo agronómico, el genotipo y el ambiente (Gardner et al., 1985) y su estudio resulta importante para entender los aumentos o reducciones en los rendimientos de los cultivos (Confalone, 2008).

La densidad de plantas a establecer en campo, es un manejo agronómico que afecta fuertemente el rendimiento y los componentes de rendimiento de leguminosas (Ayaz et al., 2004; Tawaha y Turk, 2004). Ésta determina la capacidad del cultivo de interceptar recursos, afectando la captura y utilización de radiación, agua y nutrientes (Wells, 1993), es decir, puede implicar cambios en el tamaño de los individuos o en su forma, afectando la competencia entre individuos del cultivo.

La sensibilidad del rendimiento a modificaciones en las densidades de plantas, depende de: la plasticidad de los genotipos en producir y fijar estructuras reproductivas adicionales por planta; de los mecanismos de compensación a bajas densidades y de la tolerancia al estrés por altas densidades (Edmeades y Daynard, 1979).

El haba muestra una considerable plasticidad en respuesta a variaciones en la densidad de plantas, en cuanto al número de vainas que se producen por superficie, lo cual según Lopez-Bellido (2005) se correlaciona inversamente con el número de plantas por metro cuadrado. Sin embargo, aún no es posible determinar con certeza cuál es el componente de rendimiento al cual se atribuye su plasticidad (Thalji, 2010), debido a que por una parte Nachi y Le Guen (1996) muestran que la mayor fuente de variación en los rendimientos está dado por el número de vainas m^{-2} , mientras que Moot (1997) menciona que la variabilidad en el rendimiento de leguminosas de grano está directamente relacionado con el número de granos por m^{-2} y Munier-Jolain y Ney (1998) observaron que variaciones en el peso de los granos pueden ser las determinantes en las variaciones del rendimiento.

En general, la materia seca producida por unidad de superficie, se incrementa al aumentar la densidad de plantas, ya que esto genera un aumento en el área foliar, sin embargo, la materia seca producida por planta disminuye, pero es compensada al aumentar el número de plantas por área (Tetio-Kagho y Gardner, 1988). Estudios realizados por Bakry et al., (2011) en haba, muestran que hay un efecto significativo del espacio entre hileras, ya que al disminuir el espacio entre hileras, aumentando de este modo la densidad de plantas por unidad de superficie, se obtuvieron mayores rendimientos y además mayor contenido de proteína en los granos para todos los cultivares estudiados. Esto se debe a que al aumentar la densidad de plantas, el número de ramas y vainas por planta disminuye y habría un mejor reparto de asimilados, sin embargo, esto no afecta al rendimiento, ya que este se compensa al tener un mayor número de plantas por unidad de superficie.

Las densidades tradicionales que se emplean en Chile, para las variedades de hábito de crecimiento indeterminado varían entre 3-3,5 plantas m^{-2} (Faiguenbaum, 2003), debido al gran tamaño de las plantas y al hecho de que se debe dejar suficiente espacio entre hileras para el paso de la gente en la cosecha, sin dañar el cultivo. En este sentido, las distancias entre hileras fluctúan entre 65 y 75 cm. En tanto que para las variedades de hábito de crecimiento determinado a nivel mundial fluctúan entre 30-100 plantas m^{-2} , según el

destino productivo que tenga el cultivo (Bozoglu et al., 2002; Filek et al., 1997; Dean y Mendham, 2003; Nadal y Moreno, 2006).

HIPÓTESIS

Los cambios en la densidad de plantas en *Vicia faba* L. afectan los componentes de rendimiento y el rendimiento, en cultivares determinados e indeterminados.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la densidad de plantas en el rendimiento y los componentes de rendimiento de cultivares de haba determinados e indeterminados.

Objetivos específicos

Determinar la mejor opción de densidad de plantas en términos de rendimiento, para la producción de haba verde.

Determinar el efecto de la densidad de plantas sobre la altura de planta, número de ramas y altura de inserción de la primera vaina de los cultivares a evaluar.

Comparar los cultivares determinados e indeterminados.

MATERIALES Y MÉTODO

Materiales

Ubicación de experimento

El trabajo experimental se realizó durante la temporada 2013-2014 en la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Región Metropolitana, Chile (33° 40' Latitud Sur, 70° 38' Longitud Oeste).

El sitio experimental se encuentra en una zona de clima templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido. Las temperaturas anuales varían entre una máxima promedio de 29°C en Enero, y una mínima promedio de 2,8°C en Julio. La precipitación media anual es de 369,5 mm (INIA, 1989).

El suelo está clasificado como Mollisol, de origen aluvial, suelos ligeramente profundos que se presentan en una topografía plana, con o sin microrelieve, en posición de cono aluvial. La clase textural es Franco arenosa fina en superficie (CIREN, 1996).

Se evaluaron tres cultivares de haba (*Vicia faba* L.), dos de los cuales son de hábito de crecimiento determinado: Retaca y Verde Bonita, y uno de hábito de crecimiento indeterminado: Luz de Otoño.

Método

Tratamientos

El experimento incluyó 9 tratamientos resultantes de la combinación de tres densidades de plantas; 16, 25 y 50 plantas m⁻², y tres cultivares; Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita, el primero de hábito de crecimiento indeterminado y los dos últimos de hábito de crecimiento determinado. Las diferentes densidades fueron conformadas por distancias entre hileras de 60, 40 y 20 cm, respectivamente, la distancia sobre hileras se mantuvo para todos los cultivares en 10 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Cultivar	Densidad (plantas m ⁻²)
Luz de Otoño	16
Luz de Otoño	25
Luz de Otoño	50
Retaca	16
Retaca	25
Retaca	50
Verde Bonita	16
Verde Bonita	25
Verde Bonita	50

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con estructura factorial de tratamientos 3 x 3 (densidad x cultivar), con 3 repeticiones. La unidad experimental correspondió a parcelas de 5,5 m de largo x 6 m de ancho (33 m²), las que se encontraban distanciadas a 1 m entre bloques y a 0,5 m sobre los bloques (Figura 1).

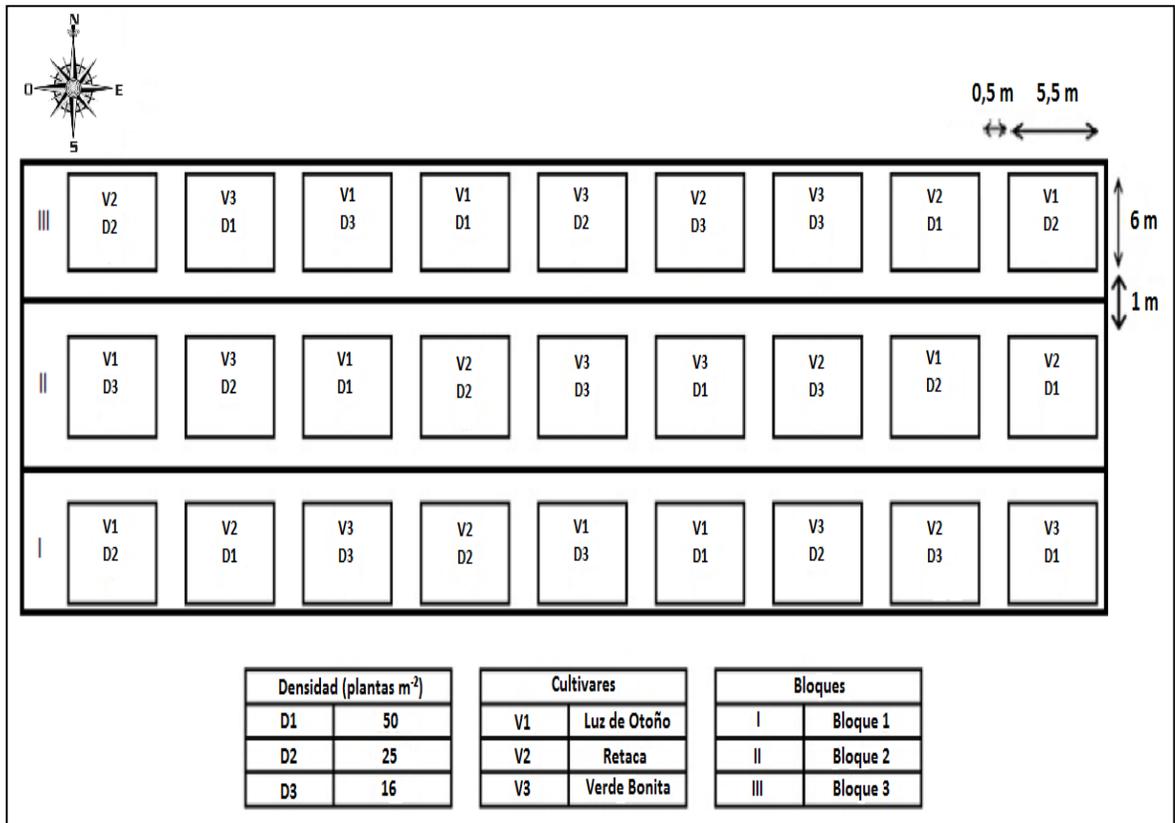


Figura 1. Esquema de la distribución espacial del ensayo.

Preparación de suelo y siembra

La preparación de suelo consistió en una aradura, con arado de vertedera y posteriormente un rastraje. La siembra se realizó el día 12 de junio de 2013, sembrándose todas las parcelas en forma manual, abriendo surcos con azadón y depositando la semilla aproximadamente a 5 cm de profundidad. Las semillas no fueron inoculadas, dado que en el suelo ya se habían cultivado habas previamente, por lo cual ya presentaba inóculos.

Fertilización

Se realizó el día previo a la siembra (10 de junio de 2013). La determinación de la dosis de fertilizantes a aplicar, se hizo a partir de los resultados obtenidos del análisis de suelo, aplicándose 30 kg de nitrógeno ha⁻¹ y 60 kg de fósforo ha⁻¹ en forma de urea y súper fosfato triple, respectivamente.

Riego

El cultivo es de tipo otoño-invierno, por lo que las precipitaciones fueron la principal fuente de abastecimiento hídrico. En el período final del cultivo fue necesario regar por la escasez de precipitaciones y se realizó mediante un sistema de riego por aspersión. La frecuencia de riego se estimó de acuerdo a la humedad del suelo, la que fue monitoreada semanalmente con un barreno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Detalle de los riegos realizados durante la temporada del cultivo.

Fecha de riego	Días después de siembra (días)	Tiempo de riego (horas)	Precipitación del equipo (mm)
06-09-2013	85	2	15
13-09-2013	92	2	15
27-09-2013	106	2	15
07-10-2013	116	2	15
15-10-2013	124	2	15
24-10-2013	134	2	15
04-11-2013	144	2	15

Control de malezas

Previo a la emergencia (13 de junio de 2013) se aplicó una mezcla de Linuron (producto comercial Linurex 50) con Pendimethalin (producto comercial Herbadox) en dosis de 11 ha⁻¹ y 3 l ha⁻¹, respectivamente, para el control de malezas anuales de hoja ancha y angosta.

Posteriormente y al estado de inicio de ramificación (13 de agosto de 2013) se aplicó Haloxifop-metil (producto comercial Galant plus), en dosis de 2 l ha⁻¹, para el control de malezas gramíneas anuales y perennes. Además, y con el objetivo de mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron limpiezas manuales de aquellas malezas que se escaparon al control de los herbicidas o que salieron con posterioridad.

Control de plagas y enfermedades.

Para el control de *Botrytis fabae*, se realizó una aplicación de fungicida del tipo Dicarboximidias (producto comercial Rovral) esto se realizó el 4 de septiembre de 2013, al estado de floración, en forma de polvo mojable, la dosis utilizada fue de 2 kg ha⁻¹. Además se realizó la aplicación del insecticida Lorsban (ingrediente activo Clorpirifos) el 13 de septiembre de 2013, en dosis de 0,8 l ha⁻¹ para el control de larva minadora (*Liriomyza sp.*).

Todas las aplicaciones de pesticidas se realizaron mediante motobomba de espalda.

Mediciones de crecimiento y desarrollo del cultivo

Fenología

El seguimiento de la evolución temporal de la fenología del cultivo, en los tratamientos estudiados, se realizó tres veces por semana. Los estados fenológicos considerados fueron emergencia, aparición de hojas nuevas sucesivas, inicio de ramificación (IR), inicio de floración (IF), inicio de formación de vainas (IFV) e inicio de llenado de granos (ILLG).

Se determinó que las plantas de cada parcela estaban en el estado fenológico, cuando el 50% de las plantas presentaban ese estado (Confalone, 2008).

La información se presentó en “días después de emergencia” (DDE), además, se realizó la cuantificación del desarrollo en respuesta a la temperatura, mediante la ecuación de De Candolle (1855), la que permite estimar el tiempo térmico necesario para la ocurrencia de estados fenológicos (Cuadro 4). Esta ecuación se compone de:

$$TT = \sum_{i=1}^n (T - T_b) \quad (1)$$

Donde TT es el tiempo térmico o días grado acumulados en los n días, T la temperatura media diaria (°C) y T_b la temperatura base de crecimiento del cultivo (°C).

La temperatura media diaria fue estimada mediante el promedio entre la temperatura máxima y mínima diaria registrada en la estación La Platina, de la red meteorológica de INIA (Agromet, 2013). En cuanto a la temperatura base, se utilizó 0°C para todo el ciclo del cultivo, ya que permite hacer comparaciones directas de la fenología del cultivo con

otros investigadores (Plancquaert y Girard, 1987; Stützel, 1995, Manschardi et al., 1998, Boote et al., 2002; Ruíz-Ramos y Mínguez, 2006; Confalone, 2008).

Crecimiento

Para describir y estudiar el crecimiento de la parte aérea del cultivo, se cosecharon 5 plantas al azar de cada unidad experimental, en: floración (FL), formación de vainas (FV), llenado de granos (LLG) y cosecha hortícola (CH). En cada uno de estos momentos, se midió la altura de planta y el número total de ramas por planta. La altura de planta, se midió desde la base del tallo principal hasta el ápice de crecimiento de la misma. En cuanto al número de ramas totales por planta, se determinó mediante el conteo de éstas estructuras en cada planta.

Al momento de la cosecha hortícola (CH), se midió la altura de inserción de la primera vaina comercial. Esta se evaluó desde la base del tallo principal hasta el punto de inserción de la primera vaina en la planta. Cabe destacar que éste punto podía estar presente tanto en el eje principal, como en alguna de las ramas del cultivo. Al momento de realizar la cosecha hortícola (CH) se clasificaron las ramas como productivas o improproductivas. Las clasificadas como productivas, debían presentar al menos una vaina de carácter comercial, en tanto que las clasificadas como improproductivas fueron aquellas que no presentaban ninguna vaina de categoría comercial.

Rendimiento y sus componentes

La cosecha hortícola se llevó a cabo entre el 18 de octubre y el 1 de noviembre del 2013 (102 y 116 días después de emergencia) (Cuadro 4). Se realizó en forma manual, cosechándose en la medida que las plantas presentaban sus vainas en el estado óptimo de madurez hortícola, en el caso de cultivares de hábito de crecimiento determinado cuando los granos tenían un diámetro entre 0,8 a 1,3 cm y un largo de 1,2 a 1,6 cm, y en el cultivar indeterminado un diámetro entre 1,2 a 1,9 cm y 1,6 a 2,5 cm de largo.

Una vez determinados estos estándares, se cosecharon a ras de suelo 2 m lineales de plantas de cada unidad experimental para evaluar: peso de vainas comerciales, inmaduras y sobremaduras, número de vainas comerciales, inmaduras y sobremaduras, peso de los granos de las vainas comerciales y número de granos de las vainas comerciales.

Tanto el peso como el número de vainas comerciales, inmaduras y sobremaduras, se determinaron separadamente de aquellas provenientes del eje central y aquellas provenientes de las ramas productivas.

Se consideró como vaina comercial a aquella que presentaba mayoritariamente granos con las características mencionadas anteriormente para cada hábito de crecimiento. Las vainas

de desecho fueron clasificadas como inmaduras o sobremaduras. Las vainas inmaduras fueron aquellas cuyos granos fueron de un tamaño inferior al rango y se consideró vainas sobremaduras aquellas cuyos granos tenían un tamaño superior al rango establecido.

A partir de estas mediciones, se realizaron las estimaciones del rendimiento de vainas totales y comerciales y de granos comerciales, así como también del número de vainas m^{-2} y del peso de los granos de los cultivares a las distintas densidades estudiadas.

Calidad del material de cosecha

Con el objeto de determinar la calidad del material y su grado de uniformidad, se seleccionaron 10 vainas comerciales al azar de cada unidad experimental y se midió:

- Largo y ancho de vainas (cm), medido con huincha métrica.
- N° de granos por vaina.
- Peso de 10 vainas.
- Peso de los granos de 10 vainas.

Análisis estadístico

Una vez verificados los supuestos del análisis de varianza, se procedió a realizar este análisis para determinar si existían diferencias entre las medias de los tratamientos estudiados. Se realizó este análisis sobre las variables: fenología del cultivo; altura de planta en inicio de floración (IF), inicio de formación de vainas (IFV) e inicio de llenado de granos (ILLG); número de ramas totales en inicio de formación de vainas (IFV), inicio de llenado de granos (ILLG) y cosecha hortícola (CH); número de ramas improductivas; rendimiento de vainas totales, vainas comerciales y granos comerciales; componente número de vainas comerciales m^{-2} y largo de vainas comerciales.

Las variables que no cumplieron los supuestos, fueron transformadas a logaritmo. Éstas fueron: número de ramas productivas por planta; componente peso de vainas totales; componente número de vainas totales m^{-2} y componente número de granos comerciales m^{-2} . Los datos que una vez transformados tampoco cumplieron con los supuestos, debieron ser analizados mediante estadística no paramétrica, usando la prueba Kruskal Wallis. Éstas variables fueron: altura de planta en cosecha hortícola (CH); número de ramas totales en inicio de floración (IF); altura de inserción de la primera vaina; componente peso de vainas comerciales; componente peso de granos comerciales y ancho de vainas comerciales.

En las variables que fueron analizadas mediante el ANDEVA y hubo diferencias significativas, se les efectuó la prueba de DGC, con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Características agroclimáticas del año experimental

El año 2013 fue un año seco, con un promedio de precipitación anual de 162,8 mm, siendo considerablemente bajo, ya que el promedio histórico anual para esta localidad es de 315 mm. La precipitación durante el ensayo fue de 53,5 mm (Cuadro 3). El cultivo tuvo riegos equivalentes a 105 mm (Cuadro 2).

Cuadro 3. Variables meteorológicas durante el ciclo de crecimiento y desarrollo del cultivo de haba.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)		HR (%)	RSG (Mjm ⁻²)	Heladas (Días)
		Máxima	Mínima			
Junio	9,2	19,0	2,6	74,1	8,2	4
Julio	2,6	16,0	2,3	76,8	7,4	5
Agosto	35,4	17,0	2,4	70,6	10,9	5
Septiembre	6,2	19,0	4,1	63,4	14,0	5
Octubre	0,0	24,0	6,1	60,2	19,3	-
Noviembre	0,1	27,0	7,9	56,9	24,1	-

HR: Humedad relativa; RSG: Radiación solar global.

En el Cuadro 3 se puede observar que las precipitaciones se concentraron en el mes de agosto. Durante el mes de julio se registraron heladas consecutivas durante 4 días (Apéndice II). Cabe destacar que las heladas ocurridas coincidieron con estados vegetativos (entre julio y agosto) y reproductivos del cultivo (septiembre).

Fenología

En el Cuadro 4, se presenta la fecha de ocurrencia de los distintos estados de desarrollo, los días desde emergencia, así como también, las unidades térmicas requeridas para la ocurrencia de cada estadio, en días grado. Las plantas fueron monitoreadas en función del día en el cual lograron estos estados. No existió interacción entre los factores densidad y cultivar para la ocurrencia de los distintos estados fenológicos y tampoco lo hubo para el momento de cosecha hortícola.

Cuadro 4. Estados fenológicos y cosecha hortícola de los distintos cultivares evaluados, en base a los días desde de emergencia y días grado acumulados.

Factor	E	IR		IF		IFV		ILLG		CH	
	Fecha	dde	DG	dde	DG	dde	DG	dde	DG	dde	DG
Cultivar											
Luz de Otoño	8-7-13	20 b	198b	62 b	668 b	75 b	793 b	93 a	1019 b	115 a	1356 a
Retaca	9-7-13	23 a	223 a	63 a	680 a	79 a	835 a	92 b	1005 b	112 a	1322 a
Verde Bonita	8-7-13	21 a	213 a	63 a	684 a	80 a	848 a	93 a	1021 a	104 b	1203 b
Densidad (plantas m ⁻²)											
16	9-7-13	21 a	214 a	63 a	676 a	78 a	828 a	93 a	1014 a	110 a	1281 a
25	9-7-13	21 a	208 a	63 a	676 a	78 a	825 a	93 a	1014 a	111 a	1302 a
50	9-7-13	21 a	212 a	63 a	680 a	78 a	824 a	93 a	1017 a	111 a	1297 a

E: Emergencia del cultivo; IR: Inicio de ramificación; IF: Inicio de floración; IFV: Inicio de formación de vainas; ILLG: Inicio de llenado de granos; CH: Cosecha hortícola; dde: días después de emergencia; DG: días grado. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Los cultivares, tuvieron un ciclo de desarrollo hasta cosecha que fluctuó entre 104 a 115 días después de emergencia y 1.203 a 1.356 días grado (Cuadro 4). Las diferencias estuvieron dadas por el cultivar Luz de Otoño el cual entre inicio de ramificación e inicio de formación de vainas tuvo un menor requerimiento en días grado.

A partir de inicio de llenado de granos, tanto Luz de Otoño como el cultivar Retaca requirieron menos días grados para alcanzar ese estado, sin embargo, ambos cultivares lograron una cosecha hortícola más tardía que Verde Bonita, la que concluyó su ciclo 8 días antes que su par determinado y 11 días antes del indeterminado, es decir, 119 y 153 días grado antes, respecto de los cultivares Retaca y Luz de Otoño.

Es importante destacar que la densidad no provocó cambios estadísticamente significativos en la fenología (Cuadro 4).

Rendimiento y componentes de rendimiento

En leguminosas, el rendimiento puede ser expresado en términos de rendimiento en vainas y rendimiento en granos, siendo usado uno u otro según el destino que tenga la producción. En Chile, la producción de haba se destina en su mayoría al mercado fresco, comercializándose las vainas. Sin embargo, los cultivares determinados usados en este estudio son destinados principalmente a la industria de congelados, para la cual es relevante el rendimiento en granos. Por este motivo, se presentarán los resultados de ambos rendimientos.

Rendimiento y componentes de rendimiento de vainas comerciales

Los resultados indican que no hubo interacción entre los factores cultivar y densidad para el rendimiento de vainas comerciales. En la Figura 2, se presentan los rendimientos de vainas comerciales para los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita, y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} .

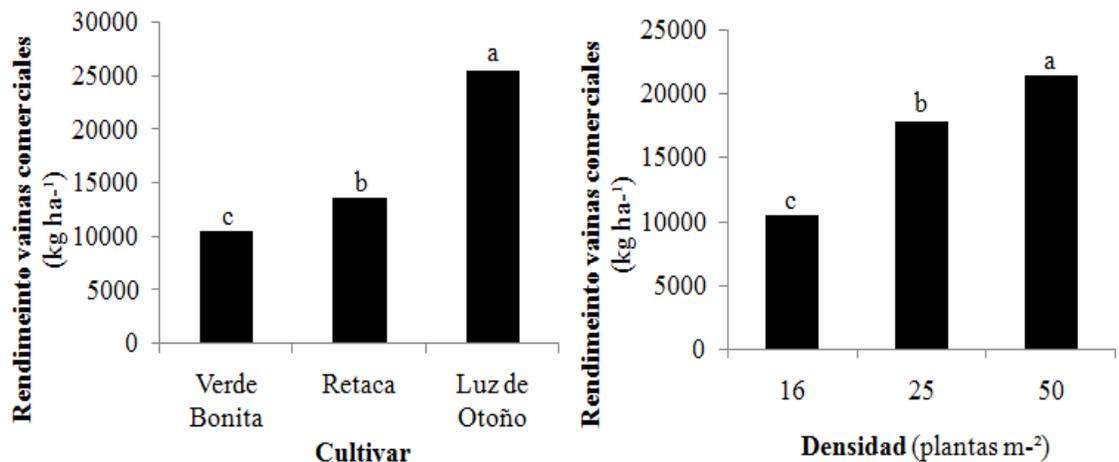


Figura 2. Rendimiento hortícola de vainas comerciales por superficie de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita, y en las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} . Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Los rendimientos de vainas comerciales oscilaron entre los 10.516 y 25.567 $kg\ ha^{-1}$ (Figura 2). El cultivar indeterminado rindió más que los determinados y el rendimiento de vainas comerciales aumentó con la mayor densidad de plantas. Es así como Luz de Otoño produjo 11.863 kg y 15.051 kg más que Retaca y Verde Bonita, respectivamente. A su vez Retaca fue mayor que Verde Bonita en 3.188 $kg\ ha^{-1}$.

Los mayores rendimientos de vainas comerciales se presentaron cuando las plantas estuvieron establecidas a la más alta densidad. La mayor densidad superó en un 100% el

rendimiento de vainas comerciales de la menor densidad (16 plantas m⁻²). En tanto que a 25 plantas m⁻² el rendimiento fue un 16% inferior que lo logrado con la mayor densidad.

El rendimiento en vainas obtenido, depende principalmente de dos componentes de rendimiento. Uno de ellos es el número de vainas por metro cuadrado y el otro es el peso de cada vaina. En este sentido ambos componentes no tuvieron interacción entre los factores en estudio, por lo que se presentan en el Cuadro 5 en forma independiente, es decir, a nivel de cultivar y densidad.

Cuadro 5. Componentes de rendimiento número de vainas comerciales m⁻² y peso por vaina comercial, de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m⁻². Adicionalmente se muestra el rendimiento de vainas comerciales.

Factor	N ° de vainas (vainas m ⁻²)	Peso vaina (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Cultivar			
Luz de Otoño	128 a	20,3 a	25.567 a
Retaca	150 a	9,3 b	13.704 b
Verde Bonita	104 b	10,0 b	10.516 c
Densidad (plantas m ⁻²)			
16	84 c	12,5 a	10.552 c
25	125 b	14,2 a	17.858 b
50	172 a	13,0 a	21.377 a

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Al analizar los componentes de rendimiento a nivel de cultivar (Cuadro 5), se observa que para el número de vainas m⁻², Luz de Otoño y Retaca no presentaron diferencias significativas teniendo un promedio de 139 vainas m⁻², en tanto Verde Bonita tuvo aproximadamente 35 vainas menos que el promedio logrado por los cultivares antes mencionados, lo que equivale a un 25% menos de vainas comerciales.

En cuanto al componente peso de vainas comerciales (Cuadro 5), se tiene que Luz de Otoño tuvo un peso de vaina superior en 10,7 g, respecto del promedio de Retaca y Verde Bonita, entre los cuales no hubo diferencias significativas teniendo un peso promedio de 9,7 g, siguiendo así la misma tendencia observada en el peso de vainas totales (Apéndice X).

A partir del Cuadro 5, se aprecia que el peso de vaina comercial no presentó diferencias significativas entre las tres densidades estudiadas, teniendo un peso promedio de vaina comercial de 13 g, lo que coincide con lo encontrado en el peso de las vainas totales

(Apéndice X). Respecto al número de vainas comerciales m^{-2} , se observó que las tres densidades tuvieron diferencias significativas, donde a mayor densidad, mayor fue el número de vainas por unidad de superficie, a diferencia de lo observado en el número de vainas totales m^{-2} . A la densidad de 50 plantas m^{-2} se obtuvo 47 vainas más que a la densidad de 25 plantas m^{-2} y 88 más que a 16 plantas m^{-2} , lo que representa casi el doble de vainas comerciales.

Rendimiento y componentes de rendimiento de granos comerciales

No hubo interacción entre los factores cultivar y densidad, por lo que los factores se analizaron en forma independiente. El rendimiento de granos comerciales para los cultivares y las densidades, se presentan en la Figura 3.

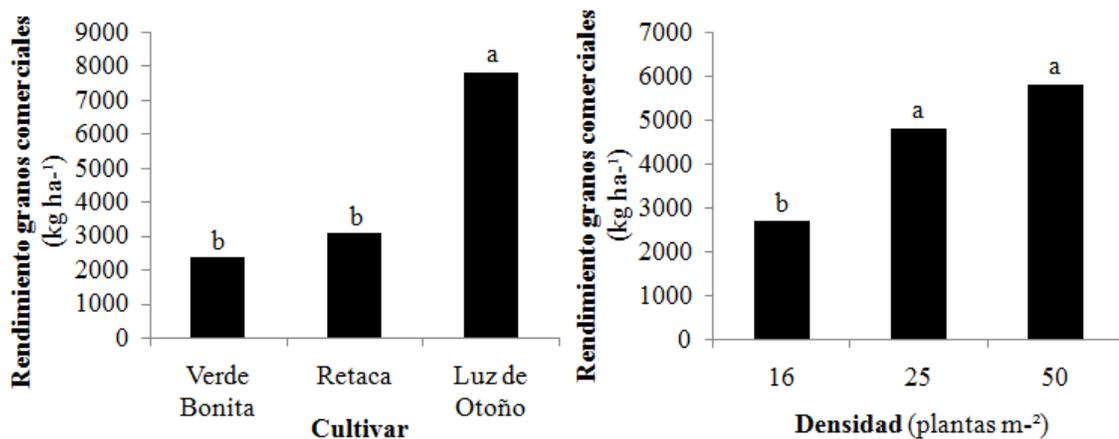


Figura 3. Rendimiento hortícola de granos comerciales por superficie de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita en las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} . Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

El rendimiento de los granos comerciales fluctuó entre 2.397 y 7.804 $kg ha^{-1}$, dependiendo del cultivar y la densidad utilizadas (Figura 3). Las diferencias de rendimiento en granos a nivel de cultivar, se dan principalmente entre los hábitos de crecimiento, donde el cultivar indeterminado rindió 7.804 $kg ha^{-1}$, superando en 5.069 $kg ha^{-1}$ el promedio de rendimiento en granos de los cultivares determinados, lo que equivale a casi a tres veces más rendimiento en granos.

En cuanto a las densidades, el rendimiento de granos comerciales no presentó los mismos patrones observados en el rendimiento de vainas comerciales, donde las tres densidades estudiadas presentaban diferencias significativas entre sus rendimientos (Figura 2). Las densidades de 25 y 50 plantas m^{-2} fueron estadísticamente iguales, presentando un rendimiento de granos promedio de 5.299 $kg ha^{-1}$, lo que representa casi el doble de lo obtenido a la densidad de 16 plantas m^{-2} (Figura 3).

En el Cuadro 6, se presentan los componentes de rendimiento número de granos m^{-2} y peso por grano comercial. Además se muestra el rendimiento en granos de categoría comercial en $kg\ ha^{-1}$. Los componentes de rendimiento no presentaron interacción entre los factores densidad y cultivar.

Cuadro 6. Componentes de rendimiento número de granos comerciales m^{-2} y peso por grano comercial, de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} . Adicionalmente se muestra el rendimiento de granos comerciales.

Factor	N ° de granos (granos m^{-2})	Peso por grano (g)	Rendimiento ($kg\ ha^{-1}$)
Cultivar			
Luz de Otoño	612 a	1,3 a	7.804 a
Retaca	519 b	0,6 b	3.073 b
Verde Bonita	399 b	0,6 b	2.397 b
Densidad (plantas m^{-2})			
16	327 b	0,7 a	2.675 b
25	538 a	0,8 a	4.801 a
50	665 a	0,9 a	5.797 a

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

El efecto del cultivar en los componente de rendimiento número de granos m^{-2} y peso de grano comercial, estuvo dado principalmente a nivel de hábito de crecimiento, donde el cultivar Luz de Otoño tuvo 153 granos comerciales por m^2 más que el promedio de Retaca y Verde Bonita, el que fue de 459 granos comerciales por m^2 .

En el peso de los granos, los cultivares determinados presentaron el mismo peso promedio por grano (0,6 g), en tanto que el indeterminado tuvo el doble de peso de grano (1,3 g). Es interesante destacar que el componente peso de vainas comerciales se relaciona directamente con el peso de granos por vaina ($r=0,9$). En este sentido, se observa que el peso de la vaina sigue el mismo patrón estadístico que el peso de granos por vaina (Cuadro 6), donde las diferencias están dadas entre el cultivar indeterminado y los determinados.

Respecto al efecto de la densidad sobre los componentes de rendimiento se observó que el número de granos por m^2 fue estadísticamente igual en la densidad de 25 y 50 plantas m^{-2} , presentando un valor promedio de 602 granos m^{-2} , superando en 275 granos m^{-2} a la densidad de 16 plantas m^{-2} . En cuanto al peso de los granos, este se mantuvo estable en las tres densidades estudiadas, obteniéndose un peso promedio de 0,8 g.

Calidad de vainas

Largo y ancho de vainas comerciales

El tamaño que presenten las vainas, es un factor relevante a tener en cuenta para cultivares destinados a mercado fresco (Faiguenbaum, 1999) como lo es Luz de Otoño. Retaca y Verde Bonita son cultivares desarrollados para la industria de congelados, adquiriendo importancia en este caso las características de los granos. En el Cuadro 7 se presentan las características en cuanto a largo y ancho de vainas comerciales, para cada factor por separado debido a que no existió interacción entre ellos.

Cuadro 7. Evaluación de vainas comerciales, en relación a su largo y ancho, en los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades 16, 25 y 50 plantas m⁻².

Factor	Largo vainas comerciales (cm)	Ancho vainas comerciales (cm)
Cultivar		
Luz de Otoño	18,9 a	2,0 a
Retaca	10,8 c	1,6 b
Verde Bonita	12,3 b	1,7 b
Densidad (plantas m ⁻²)		
16	14,0 a	1,8 a
25	14,3 a	1,8 a
50	13,7 a	1,7 a

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Del Cuadro 7 se observa que el largo de vainas fluctuó entre los 10,8 y 18,9 cm, mientras que el ancho entre los 1,6 y 2,0 cm, dependiendo del cultivar y la densidad usada. Luz de Otoño presentó el mayor tamaño de vainas, siendo superior en 8,1 cm respecto a Verde Bonita y 6,6 cm respecto a Retaca. Verde Bonita a su vez superó en 1,5 cm a Retaca, siendo por lo tanto Retaca el cultivar con vainas de menor tamaño. El ancho de las vainas, no presentó diferencias entre los cultivares determinados y fue inferior en 0,35 cm respecto del indeterminado.

La densidad no tuvo efecto para ninguno de los parámetros de calidad de vainas. El promedio de largo de vaina fue de 14 cm, mientras que el ancho de vainas fue de 1,8 cm (Cuadro 7).

Crecimiento de plantas

Altura de planta

A continuación se presenta la evolución temporal de la altura de plantas en días desde emergencia, complementado con los estados fenológicos correspondientes para los cultivares y densidades evaluadas (Figura 4). No existió interacción entre los factores cultivar y densidad sobre la altura de plantas.

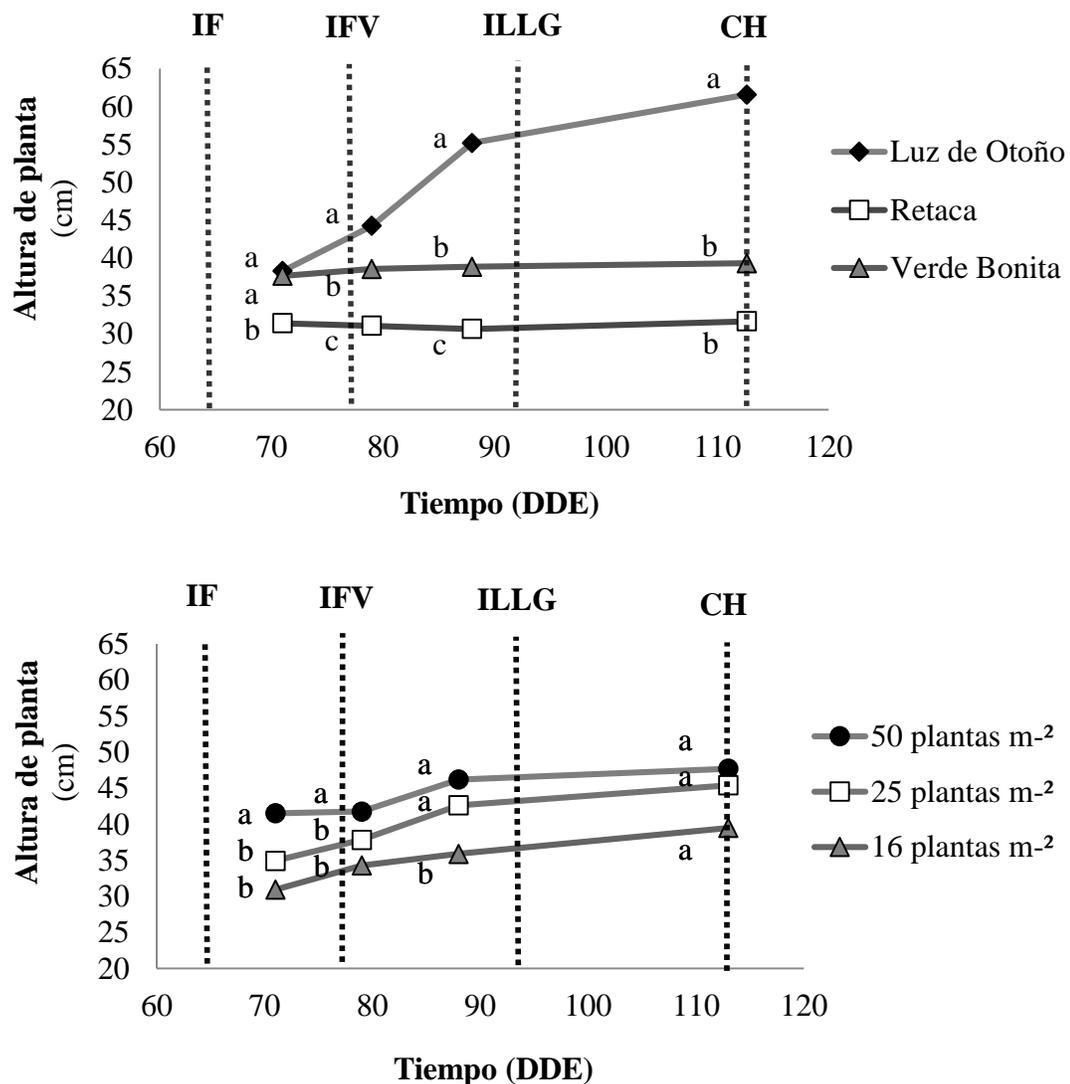


Figura 4. Evolución de la altura de planta en función de los días después de emergencia (DDE), bajo los factores cultivar y densidad. Líneas verticales punteadas, representan inicio de floración (IF), inicio de formación de vainas (IFV), inicio de llenado de granos

(ILLG) y cosecha hortícola (CH) de las vainas. Letras distintas en sentido vertical dentro de cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Los resultados muestran que el cultivar Luz de Otoño logró la mayor altura en todas las mediciones realizadas hasta cosecha (61,5 cm). En segundo lugar, le siguió en altura Verde Bonita (39,2 cm), el cual en la primera evaluación que se realizó, posterior al estado de inicio de floración, no tuvo diferencias significativas en la altura con Luz de Otoño, observándose que las diferencias comenzaron a marcarse a partir del estado de inicio de formación de vainas hasta la cosecha hortícola, donde alcanzó estadísticamente la misma altura que el cultivar Retaca. A su vez, Retaca tuvo la menor altura en prácticamente todas las evaluaciones realizadas logrando 31,6 cm de altura al momento de la cosecha. Cabe destacar que estos resultados coinciden con lo encontrado por Ruiz (2008) y Briones (2009) donde este cultivar crece muy poco a partir de floración obteniéndose, en consecuencia, una menor altura a cosecha en Retaca debido a que este cultivar deriva de cultivares de tamaño reducido como lo son Alameda y el mutante *ti* (Nadal et al., 2005).

Luz de Otoño mostró una tasa de crecimiento en altura muy superior a la de los cultivares determinados, los que fijan su altura una vez iniciada la floración. Este hecho puede atribuirse a que Luz de Otoño (cultivar de crecimiento indeterminado) sigue distribuyendo sus asimilados hacia la generación de nudos reproductivos y/o estructuras vegetativas, lo que le permite seguir aumentando su altura, a diferencia de lo que ocurre en los cultivares determinados los cuales presentan una inflorescencia terminal en su ápice de crecimiento.

Las variaciones en las densidades de plantas ocasionaron una mayor altura con 50 plantas m^{-2} , hasta el estado de inicio de formación de vainas, a partir del cual las pendientes de las curvas muestran su mayor crecimiento. No obstante, las plantas establecidas a la menor densidad mantuvieron diferencias significativas hasta inicio de llenado de granos. Al momento de la cosecha hortícola, las tres densidades utilizadas lograron una altura estadísticamente similar.

Altura de inserción de la primera vaina comercial

La altura de inserción de la primera vaina comercial fue evaluada al momento de la cosecha hortícola (Figura 5). No hubo interacción entre los factores densidad y cultivar para este parámetro.

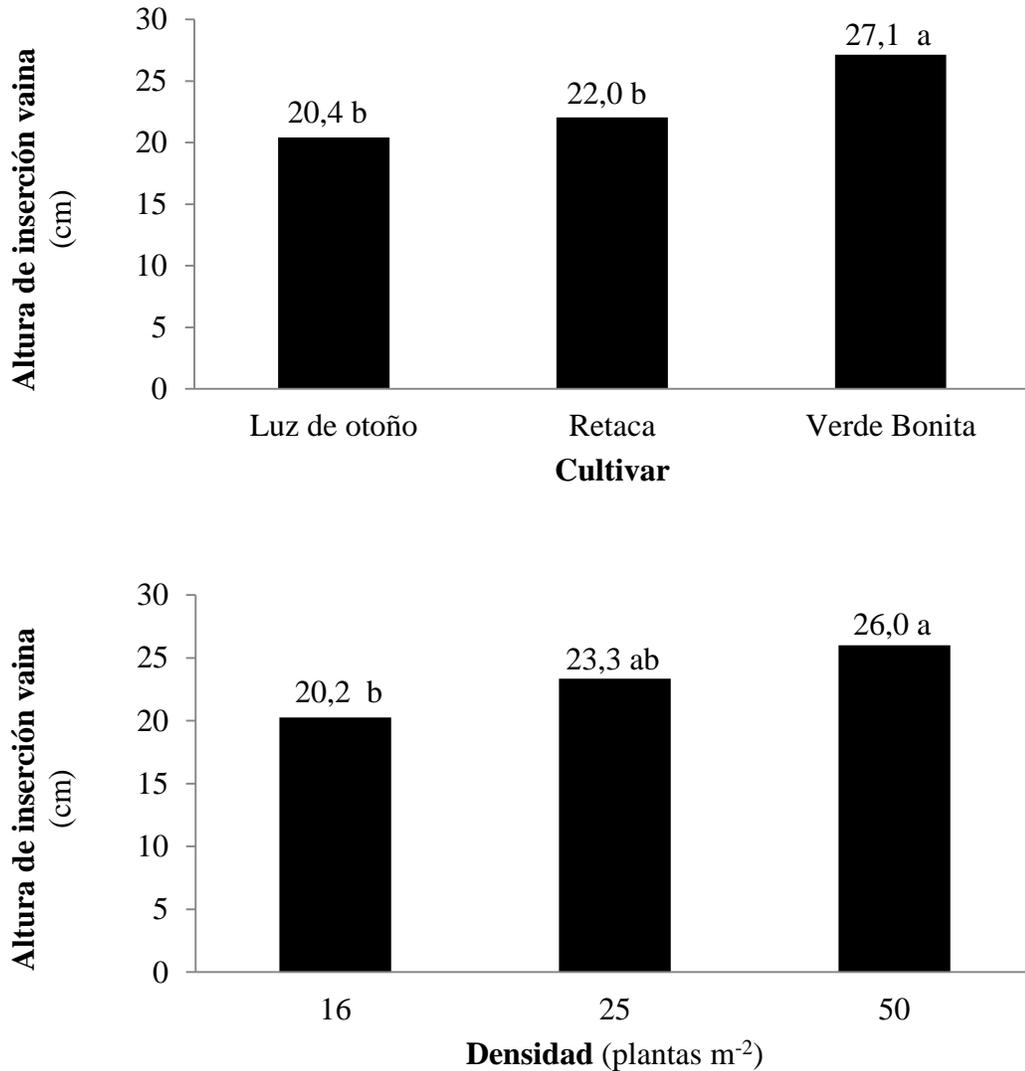


Figura 5. Altura de inserción de la primera vaina comercial al momento de la cosecha hortícola, de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y en las densidades de 16, 25 y 50 plantas m⁻². Letras distintas en sentido horizontal, dentro de cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

La altura de inserción de la primera vaina comercial fluctuó entre 20,2 a 27,1 cm dependiendo del cultivar y la densidad utilizada. Como se observa en la Figura 5, el cultivar que mostró una mayor altura fue Verde Bonita (27,1 cm) superando en 5,1 cm y 6,7 cm a los cultivares Retaca y Luz de Otoño, respectivamente. La menor altura alcanzada por Retaca responde al hecho de que es un cultivar de menor altura (Nadal et al., 2004).

En cuanto a las distintas densidades de plantas, se aprecia que a 50 plantas m^{-2} la altura de inserción fue mayor que a 16 plantas m^{-2} , a 25 plantas m^{-2} se observa una altura de inserción de vaina intermedia. El hecho de que a mayores densidades la altura de inserción de la primera vaina fue mayor, está directamente relacionado con la elongación de los entrenudos, ya que esta aumenta al aumentar la densidad de plantas, sin afectar el número de nudos, el que se mantiene estable a diferentes densidades (Baginsky, 2005; Ruiz, 2008; Briones, 2009). Sin embargo, se ha observado que los cultivares determinados presentan entrenudos más largos en sus primeros nudos, a diferencia de Luz de Otoño cuyos entrenudos son más pequeños.

Número de ramas totales por planta

El seguimiento del número total de ramas por plantas, se presenta en la Figura 6. Los resultados se presentan en días después de emergencia, además se muestran los estados fenológicos cercanos a los cuales se realizaron las observaciones. No existió interacción entre el factor densidad y cultivar sobre esta medición.

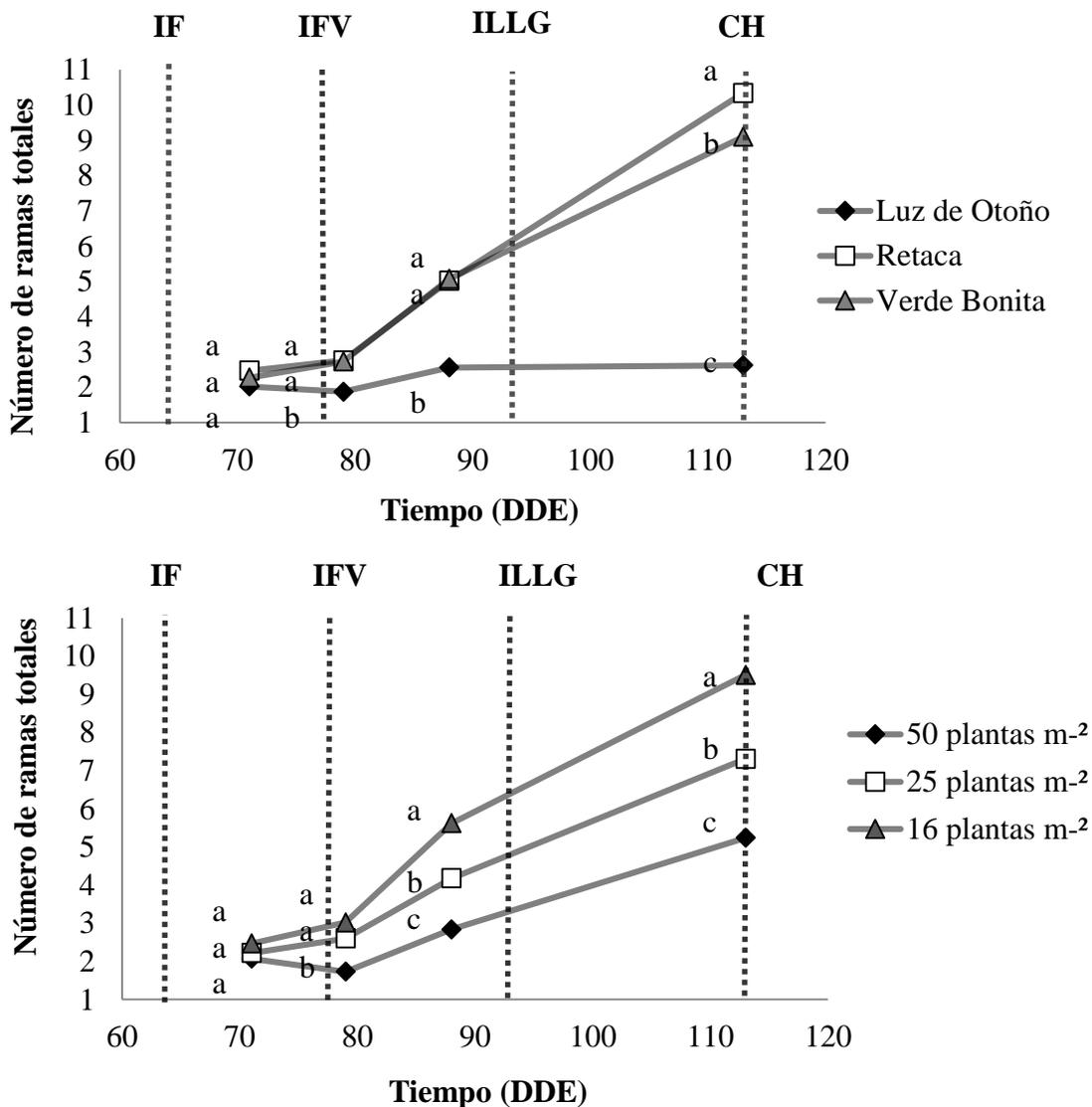


Figura 6. Evolución del número de ramas totales en función de los días después de emergencia (DDE), bajo los factores cultivar y densidad. Líneas verticales punteadas, representan inicio de floración (IF), inicio de formación de vainas (IFV), inicio de llenado de granos (ILLG) y cosecha hortícola (CH) de las vainas. Letras distintas en sentido vertical dentro de cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Las diferencias a nivel de cultivar, comenzaron a observarse a partir del estado de inicio de formación de vainas, donde los cultivares determinados presentaron una rama más que Luz de Otoño. A inicio de llenado de granos los cultivares determinados tenían 2,5 ramas más que Luz de Otoño, en tanto que al momento de la cosecha hortícola los cultivares determinados se diferenciaron entre sí observándose 10 ramas en Retaca, 9 ramas en Verde Bonita y sólo 3 ramas en Luz de Otoño.

En cuanto a la densidad de plantas, se aprecia que a la menor densidad (16 plantas m^{-2}) la producción de ramas totales fue mayor (Figura 6). A partir de los 79 días después de emergencia comenzaron a observarse las diferencias entre las densidades, donde la densidad de 50 plantas m^{-2} presentó aproximadamente 1 rama menos que a 25 y 16 plantas m^{-2} . A los 88 días después de emergencia se marcó una clara tendencia, donde la menor densidad logró la mayor producción de ramas, manteniéndose esta tendencia hasta la cosecha hortícola, en donde la mayor densidad presentó un total de 5,2 ramas versus la menor densidad con 9,5 ramas.

Número de ramas productivas e improductivas por planta

En la Figura 7, se presenta el número de ramas productivas e improductivas de las ramas totales por planta, al momento de la cosecha hortícola. Se consideró como rama productiva a aquella que presentaba al menos una vaina de carácter comercial. No hubo interacción entre los factores densidad y cultivar para el número de ramas productivas e improductivas.

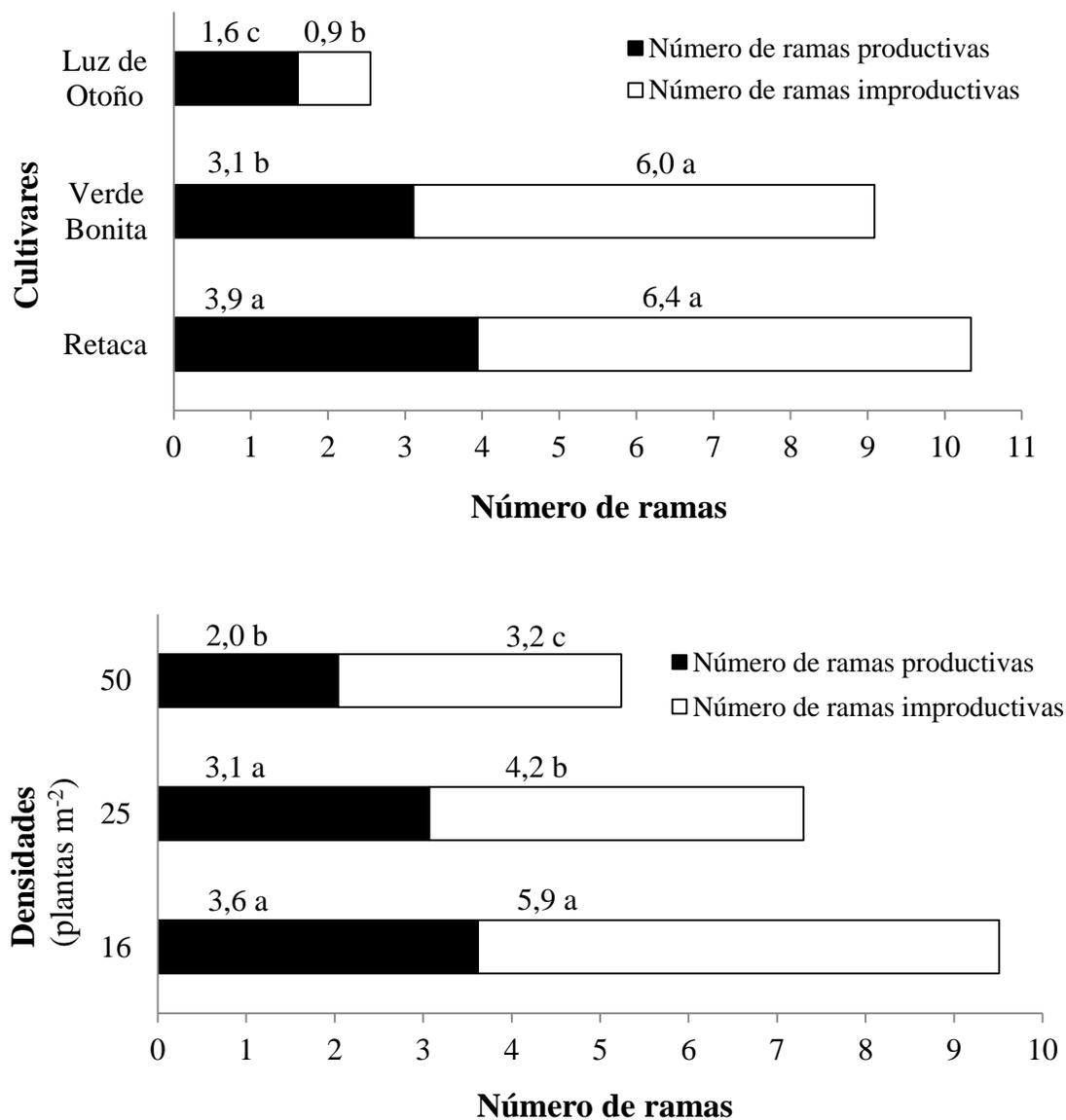


Figura 7. Número de ramas productivas e improductivas por planta, al momento de la cosecha en verde en los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y a las densidades de 16, 25 y 50 plantas m⁻². Dentro de cada factor, letras distintas para cada tipo de rama, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

El número de ramas productivas por planta fluctuó entre 1,6 y 3,9 dependiendo del cultivar y densidad usada. En cuanto al número de ramas improductivas, esta varió entre 0,9 y 6,4, siendo el cultivar Retaca el que tendió a producir mayor número de ramas productivas e improductivas, lo que puede deberse a que éste tuvo el mayor número de ramas totales (Figura 7). Verde Bonita en tanto, mostró diferencias con Luz de Otoño para las ramas productivas e improductivas, donde supera en 1,5 y 5,1 ramas a Luz de Otoño, respectivamente. Cabe destacar que estadísticamente, entre los cultivares determinados se presentó el mismo número de ramas improductivas, lo que varió fueron las ramas productivas donde Retaca generó 0,8 ramas más que Verde Bonita.

Un aspecto que es importante tener en cuenta, es el hecho de que a pesar que el cultivar indeterminado tuvo menor número de ramas totales, productivas e improductivas (Figura 7), presentó una mayor relación entre el número de ramas productivas y las totales la que fue de un 61%, valor que es casi el doble de lo obtenido por los cultivares determinados donde Retaca muestra un 38% y Verde Bonita un 34%. Este aspecto denota la gran problemática que tienen cultivos que ramifican, ya que por una parte las plantas gastan energía en producir estructuras vegetativas las cuales no aportan finalmente al rendimiento y además tienen incidencia en las cosechas donde el material de desecho a trillar es mayor.

En cuanto a la densidad, se observó que a 16 y 25 plantas m^{-2} el número de ramas productivas fue mayor en 1,6 y 1,1 ramas, respectivamente, en relación a la densidad de 50 plantas m^{-2} , lo que responde al hecho de tener ambas densidades más ramas totales. Las ramas improductivas mostraron diferencias entre las tres densidades estudiadas, donde la densidad de 16 plantas m^{-2} tuvo en promedio 2,2 ramas más que las otras densidades. Por lo tanto, a menor densidad, mayor es el número de ramas improductivas, lo que a su vez conlleva a una menor eficiencia de plantas, debido a que la generación de ramas productivas se mantuvo constante con 38% de ramas productivas respecto al total de estas a 50 plantas m^{-2} , un 42% con 25 plantas m^{-2} y 38% a 16 plantas m^{-2} , respectivamente.

DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis estadísticos indicaron que para las variables evaluadas no hubo interacción entre los factores cultivar y densidad, por lo cual cada factor se analizó en forma independiente.

Efecto del hábito de crecimiento en el rendimiento y los componentes de rendimiento

Un aspecto controversial que derivó de la metodología utilizada en el estudio y que pudo tener implicancias en los resultados obtenidos, fue el criterio de cosecha hortícola, el que fue distinto entre cultivares determinados e indeterminados. Esto pudo marcar diferencias a priori en los resultados, sin embargo, este es el criterio utilizado por productores para determinar el momento de la cosecha, por lo cual a pesar que este hecho pueda marcar diferencias, permitiría un análisis más cercano a la realidad productiva.

Numerosos estudios muestran rendimientos superiores de los cultivares indeterminados sobre los determinados (Confalone, 2008; Nachi y Le Guen, 1996; Nadal et al., 2005). Los resultados obtenidos, muestran una considerable ventaja productiva del cultivar de hábito de crecimiento indeterminado en relación a los determinados. Los rendimientos tanto de vainas totales (Apéndice X) y vainas comerciales (Figura 2) siguieron la misma tendencia, donde se aprecia que los tres cultivares presentaron rendimientos estadísticamente distintos, siendo superior en todos los casos el cultivar Luz de Otoño.

En cuanto al rendimiento en granos comerciales (Figura 3), este difirió en relación a lo encontrado en el rendimiento de vainas totales y comerciales, donde las diferencias están dadas por el hábito de crecimiento. Es así como el cultivar indeterminado tuvo un rendimiento 2,8 veces superior al promedio obtenido por los cultivares determinados, valor inferior a lo encontrado por Ruiz (2008) quien observó diferencias hasta 5 veces mayores por parte de cultivares indeterminados, aunque se debe considerar que en ese estudio se evaluaron cultivares de hábito de crecimiento indeterminado de muy distintas precocidades. En el presente estudio el rendimiento promedio de granos para Luz de Otoño fue de 7.804 kg ha⁻¹, valor similar al descrito por Ruiz (2008) quien obtuvo 8.136 kg de granos ha⁻¹ para este cultivar y un rendimiento promedio de cultivares indeterminados de 6.872 kg ha⁻¹. Los cultivares Retaca y Verde Bonita tuvieron un rendimiento promedio de 2.735 kg ha⁻¹, el cual es superior a lo obtenido por Ruiz (2008) y Briones (2009), quienes registraron rendimientos de granos promedios de 1.308 y 2.212 kg ha⁻¹ respectivamente, cosechados con similar madurez hortícola.

El menor rendimiento de cultivares determinados está dado por una parte, por el alto número de ramas que produce. Del total de ramas producidas por estos cultivares, la mayor

parte son improductivas (6,2 ramas en promedio), a diferencia del cultivar indeterminado el que generó sólo 0,9 ejes improductivos y 1,6 ramas productivas (Figura 7). Estas ramas generan una alta competencia en la distribución de asimilados, debido a que durante la formación de vainas y llenado de granos, los genotipos determinados mantienen el crecimiento de estas ramas a expensas de asimilados que podrían haber sido redirigidos al crecimiento de vainas y al llenado de granos, lo que genera disminuciones de rendimiento en granos (Nachi y Le Guen, 1996; Pilbeam et al., 1989; Stützel y Aufhammer 1992). Lo anterior coincide con lo encontrado en esta investigación, donde se observa una relación lineal negativa entre el número de ramas improductivas y el rendimiento en granos (Apéndice V). Este aspecto no sólo denota una problemática en cuanto a menores rendimientos, sino que también tiene incidencia en las cosechas, donde el material de desecho a trillar es mayor generando que esta sea más dificultosa, además que se incurre en una mayor demora en la cosecha.

En cuanto a las ramas productivas los cultivares Retaca y Verde Bonita presentaron en promedio 3,5 ramas productivas por planta, valor superior al que menciona Robertson y Filipeetti (1991) los cuales indican un promedio de 2,9 ramas en cultivares determinados. Respecto a Luz de Otoño, se observó un bajo número de ramas productivas en comparación con lo encontrado por Ruiz (2008) la que menciona 2,3 ramas para este cultivar. La mayor producción de ramas productivas obtenida por los cultivares determinados en este estudio puede responder al hecho de que se registraron heladas en julio durante 4 días consecutivos (Apéndice II) las que fueron previas al momento en que el cultivo llegara al estado de inicio de ramificación y una helada posterior, una vez iniciado este estado (Cuadro 4). Este hecho pudo haber afectado la dominancia apical de estos cultivares induciendo así a una mayor ramificación; en cambio, en Luz de Otoño las heladas afectaron la producción total de ramas, influenciando así la ramificación del cultivo (Figuras 6 y 7).

Pese a que los cultivares determinados produjeron un mayor número de ramas productivas, esto no se vio reflejado en los rendimientos. El número de granos por m^{-2} , es el componente de rendimiento que se asocia directamente con el rendimiento de granos, y este a su vez está relacionado positivamente con la producción de materia seca de los tallos principales ($r=0,76$). En este sentido Nachi y Le Guen, 1996 mencionan que en cultivares indeterminados la contribución del tallo principal al componente de rendimiento número de granos m^{-2} es de un 65%, en tanto que para los cultivares determinados este valor es de sólo un 50%. No obstante, Confalone (2008) indica que si bien el peso de los tallos principales se relacionó con el número de granos m^{-2} , esto no ocurrió en todas las fechas de siembra en su estudio.

Otro aspecto importante que influye en el rendimiento es la duración del área foliar. Mínguez et al., (1993) y Costa et al., (1997) establecieron que tanto el rendimiento de granos y la acumulación total de biomasa en leguminosas son función de la duración del área foliar. Pilbeam et al., (1991) mencionan que los cultivares indeterminados presentan una mayor duración del área foliar, lo que les permite seguir interceptando radiación por un mayor periodo de tiempo. Además, en cultivares determinados el fin de la expansión coincide con la antesis, aspecto determinante en el rendimiento. Por el contrario en los

indeterminados esta ocurre cercana al estado madurez fisiológica, lo que a su vez genera una competencia más fuerte en una etapa transcendental como lo es la antesis en cultivares determinados.

En relación a los componentes de rendimiento de vainas comerciales, el número de vainas m^{-2} no tuvo diferencias entre los cultivares Luz de Otoño y Retaca, teniendo un promedio de 139 vainas m^{-2} , superando así al cultivar Verde Bonita. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Baginsky (2009), quien menciona que entre cultivares determinados, Retaca presenta una mayor producción de vainas comerciales en comparación a Verde Bonita. Este hecho puede estar asociado a que en el cultivar Retaca el 50% de sus nudos reproductivos dan origen a vainas comerciales, mientras que este porcentaje se reduce a un 42% en el caso de Verde Bonita. Además es importante mencionar que al igual que en lo descrito por Briones (2009), Retaca presentó un mayor número de ramas totales y productivas, en comparación a Verde Bonita, lo que se traduce en una mayor eficiencia por parte del cultivar Retaca y un mayor aporte al rendimiento (Figura 7).

El cuanto al peso de vainas comerciales, Luz de Otoño tuvo un peso superior de casi el doble en comparación a los cultivares determinados. Esto explica el hecho de que éste cultivar presente el mayor rendimiento, ya que a pesar de tener un menor número de vainas m^{-2} , genéticamente presenta vainas más grandes. Cabe destacar que en estudios realizados por Ruiz (2008), el peso promedio por vaina comercial para Luz de Otoño fue de 30,4 g y de 5,7 y 7,1 para Retaca y Verde Bonita, respectivamente, valores que siguen la misma tendencia encontrada en el presente estudio donde los cultivares determinados tienen un menor peso en comparación a los indeterminados.

El rendimiento de granos se relaciona positivamente con el número de granos por m^{-2} (Nachi y Le Guen, 1996). En este sentido se observó que el rendimiento de granos obtenido siguió el mismo patrón que el número de granos m^{-2} , donde las diferencias estadísticas están dadas a nivel de hábito de crecimiento (Apéndice VI).

El componente peso de los granos comerciales, fue superior para el cultivar Luz de Otoño e inferior a Retaca y Verde Bonita. Lo anterior, responde principalmente al hecho de que Luz de Otoño genéticamente tiene granos más grandes que los cultivares Retaca y Verde Bonita. Por otra parte, la metodología que se planteó para realizar la cosecha pudo tener incidencia, ya que los cultivares fueron cosechados en función de obtener granos con características óptimas para cosecha hortícola, por lo que el criterio de cosecha fue diferente entre los distintos hábitos de crecimiento. Cabe mencionar que los cultivares determinados además de obtener un peso por grano estadísticamente igual, las vainas presentaron gran homogeneidad en su tamaño, con un coeficiente de variación cercano a un 20% (Apéndice VIII).

Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento y los componentes de rendimiento

Las densidades usadas no provocaron cambios en la fenología del cultivo (Cuadro 4) debido a que su desarrollo es regulado por la respuesta genética a la temperatura y al fotoperiodo (Roberts y Summerfield, 1987), y a pesar de que las modificaciones en la densidades cambian el microclima al cual están expuestas las plantas, no son lo suficientemente determinantes para tener un efecto significativo en la tasa de desarrollo del cultivo.

Los rendimientos de vainas comerciales (Figura 2) y vainas totales (Apéndice X), presentaron la misma tendencia observándose diferencias significativas entre las tres densidades estudiadas. Los mayores rendimientos se obtuvieron cuando las plantas fueron establecidas a 50 plantas m^{-2} , es decir, a 20 cm entre hilera. No obstante, el rendimiento de granos comerciales, no mostró diferencias entre las densidades de 25 y 50 plantas m^{-2} , mientras que a 16 plantas m^{-2} se obtuvo el menor rendimiento en granos (Figura 3).

En lo que concierne a los componentes de rendimiento, Gardner et al., (1985) menciona que estos pueden ser afectados por el manejo, genotipo y ambiente en distintos niveles. De los resultados obtenidos se aprecia que el peso por vaina y por grano no presentó diferencias en las tres densidades estudiadas (Cuadro 5 y 6), teniéndose un peso promedio de 13,2 g para vainas comerciales y 0,8 g para granos comerciales. El peso por vaina obtenido puede obedecer al hecho que el componente de rendimiento más afectado por condiciones edafoclimáticas y de manejo es el número de vainas por unidad de superficie (Adams, 1967), no así el peso, que se mantiene más estable con cambios en las densidades. En relación al peso de los granos, estos resultados coinciden con lo encontrado por Adisarwanto y Knight (1997) y Briones (2009), quienes apreciaron que no hubo efecto de la densidad de plantas en el número y peso de granos. Cabe destacar que otros autores como Munier-Jolain y Ney (1998) han encontrado variaciones en el peso de granos, producto de distintas condiciones ambientales.

A partir de los resultados obtenidos, se puede indicar que la principal fuente de variación en los rendimientos de vainas y granos fue el componente número de vainas m^{-2} y número de granos m^{-2} , es decir, la densidad de plantas tuvo efecto sobre estos componentes de rendimiento, lo que concuerda con lo mencionado por Confalone (2008) y Nachi y Le Guen (1996).

En cuanto a la calidad de las vainas comerciales no hubo efecto de la densidad para el largo ni el ancho de vainas (Cuadro 7), obteniéndose así el mismo resultado descrito por Briones (2009).

En la altura de planta, las primeras diferencias comenzaron a marcarse desde inicio de floración, sin embargo, a partir de inicio llenado de granos las curvas de crecimiento se mantienen relativamente constantes lo que generó que una vez llegado el momento de la

cosecha hortícola todas las densidades presentan la misma altura de plantas (Figura 4). Esto difiere con lo encontrado por Adisarwanto y Knight (1997), Dean y Mendham (2003) y Briones (2009) quienes observaron mayor altura de plantas cuando estas estuvieron establecidas a las mayores densidades. Cabe destacar que Briones (2009) encontró que la mayor altura de planta (64 cm) se alcanzó en la densidad mayor (28,6 plantas m^{-2}), mientras que en las densidades de 14 y 20 plantas m^{-2} la altura fue de 57 cm, valor superior a lo encontrado en esta investigación (48 cm). Briones además, indica que el número de nudos vegetativos se mantuvo constante a pesar de aumentar la altura con las mayores densidades de plantas. Este hecho obedecería a una mayor elongación de entrenudos (Carrasco, 2004).

La evolución del número de ramas comenzó a marcar diferencias a partir del estado de inicio de formación de vainas hasta cosecha hortícola, donde se obtuvo que a menor densidad mayor fue el número de ramas totales producidas (Figura 6). Lo anterior concuerda con lo encontrado por Briones (2009) quien obtuvo la mayor producción de ramas a la menor densidad (14 plantas m^{-2}), es decir, 1,5 ramas más por planta que aquellas sometidas a la mayor densidad de población (28,6 plantas m^{-2}). Resultados similares fueron obtenidos por diversos autores (Adisarwanto y Knight, 1997; Ayaz et al., 2001; López-Bellido et al., 2005). Es importante mencionar que en cuanto al número de ramas productivas e improductivas a cosecha (Figura 7), la densidad de 16 plantas m^{-2} generó el mayor número de ramas improductivas y tuvo igual número de ramas productivas con la densidad de 25 plantas m^{-2} . Además la relación porcentual entre el número de ramas productivas versus las totales arrojó que a 16 plantas m^{-2} esta fue de 38%, a 25 plantas m^{-2} de 42% y para 50 plantas m^{-2} de un 38% (Apéndice IX).

Los resultados obtenidos en relación a la altura de inserción de la primera vaina comercial (Figura 5) son importantes debido a que mediante el manejo, en este caso selección de cultivares con una mayor altura de inserción de la primera vaina (Verde Bonita) y densidades de plantas que logren este mismo objetivo (50 y 25 plantas m^{-2}) se puede determinar la posibilidad de realizar cosechas mecanizadas, dada la mayor altura de corte con la que las maquinarias podrían trabajar. En este caso Verde Bonita sería un cultivar que se adaptaría mejor a una cosecha mecanizada, dado que la altura de corte estaría a 27 cm. Respecto a la densidad, con 25 y 50 plantas m^{-2} se lograría el mismo objetivo. Con esto además, disminuye el material de desecho a trillar y posibles daños en las cuchillas por suelos a desnivel o con alta pedregocidad. A su vez lo anterior es fundamental, dada la escasa y costosa mano de obra existente en muchas zonas productivas.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

La densidad de plantas genera modificaciones en el rendimiento de vainas y granos, siendo la mejor opción productiva las densidades de 50 plantas m^{-2} para optimizar el rendimiento de vainas y 25 plantas m^{-2} para producir el mayor rendimiento de granos.

La densidad de planta afecta los componentes de rendimiento número de vainas m^{-2} y el número de granos m^{-2} , no así el peso de vainas y granos. En consecuencia y en función de los resultados obtenidos, la principal fuente de variación en el rendimiento fue el número de vainas m^{-2} .

La mejor densidad, en términos productivos para los cultivares Retaca y Verde Bonita fue la de 25 plantas m^{-2} , dado que se obtiene el mayor rendimiento en granos, aspecto requerido por la industria de congelados. El cultivar Luz de Otoño, es usado tanto para el mercado fresco como para la industria de congelados, por lo cual la mejor densidad va a depender del destino que tenga la producción, es decir, la mejor densidad es la de 50 plantas m^{-2} , para potenciar la producción de vainas y 25 plantas m^{-2} si el destino es la industria de congelados.

La densidad de plantas no modifica la altura de éstas, sin embargo, a mayor densidad hubo una mayor altura de inserción de la primera vaina y menor ramificación del cultivo.

El mayor rendimiento de vainas y granos es obtenido por el cultivar Luz de Otoño, de hábito de crecimiento indeterminado

BIBLIOGRAFÍA

- Adisarwanto, T. and R. Knight. 1997. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components in the faba bean. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48(8): 1161-1168.
- Ayaz, S; A. Mckenzie; D. Hill and L. Mcneil. 2004. Variability in yield of four grain legume species in a subhumid temperate environment II. Yield components. *Journal Agriculture Science*, Cambridge. 142: 21-28.
- Baginsky, C; P. Silva; J. Auza y E. Acevedo. 2013. Evaluation for fresh consumption of new genotypes of determinate growth habit faba bean in central Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(3): 225-232.
- Bakry, B; T. Elewa; M. El karamany; M. Zeidan and M. Tawfik. 2011. Effect of row spacing on yield and its components of some Faba bean varieties under newly reclaimed Sandy soil condition. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7 (1): 68-72.
- Bozoglu, H; A. Peksen; E. Peksen; A. Gulumser; G. Paroussi; D. Voyiatzis and E. Paroussis. 2002. Determination of green pod yield and some pod characteristics of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivar grown in different row spacing. *Acta Horticulture*, 579: 347-350.
- Briones, Y. 2009. Evaluación de dos cultivares de haba tipo “baby” (*Vicia faba* L.) bajo diferentes poblaciones para la industria de congelado. Memoria de ingeniero agrónomo, mención fitotecnia. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 64.
- Carrasco, J. 2004. Efecto de tres densidades de plantas en una fecha de siembra en un cultivar de haba (*Vicia faba* L.) tipo Aguadulce. Memoria Ing. Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agronómicas. Santiago, Chile. 44 p.
- Chbouki, S; B. Shipley and A. Bamouh. 2005. Path models for the abscission of reproductive structures in three contrasting cultivars of Faba bean (*Vicia faba* L.). *Canadian Journal of Botany*, 83:264-271.
- CIREN.1996. Descripciones de suelos materiales y símbolos. Estudio agrológico Región Metropolitana. Publicación CIREN N°115.
- Confalone, A. 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de crop growth faba bean. Tesis doctoral. Lugo, España: Escola Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela. 189.

- Confalone, A.; J. Lizaso; B. Ruiz; F. López and F. Sau. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under different temperature and photoperiod regimes. *Field Crop Research*, 115: 140-148.
- Dahmardeh, M; Ramroodi, M and Valizadeh, J. 2010. Effect of plant density and cultivars on growth, yield and yield components of Faba bean (*Vicia faba* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(50): 8643-8647.
- Dean, G. and Mendham, N. 2003. Optimum plant densities for faba bean cv Fiesta VF sown on raised beds. Solutions for a better environment. Proceedings from the 11th Australian Agronomy Conference, Geelong Victoria.
- Edmeades, G and T. Daynard. 1979. The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plant. *Canadian Journal of Plant Science*, 59:585-601.
- Faiguenbaum, H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Ediciones Vivaldi y asociados. Santiago, Chile. 423-469.
- Filek, W; J. Kocielniak and S. Grzesiak. 1997. The effect of nitrogen fertilization and population density of the field bean (*Vicia faba* L. *minor*) of indeterminate and determinate growth habit on the symbiosis with root nodule bacteria and on the seed yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 179(3): 171-177.
- Filippetti A. and L.D. Robertson. 1991. Alternative plant types of Faba bean. In Cubero, J.I., and M.C. Saxena (eds.) Present status and future prospects of Faba bean production and improvement in the Mediterranean countries, Zaragoza. 27-29 June 1989. CIHEAM, Zaragoza, Spain. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens 10:33-39.
- Gardner, F. Pearce, R. and Mitchell, R. 1985. Physiology of Crop Plants. Ames IA: Iowa State University Press. 312p.
- INIA. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Novoa, R. y Villaseca, S. 221.
- Loss, P; M. Siddique; R. Jettner and D. Martin. Responses of faba bean (*Vicia faba* L.) to sowing rate in south-western Australia. *Australian Journal, Agricultural Research*, 49: 989-987
- López-Bellido, F. J.; López-Bellido, L and López-Bellido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of Faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 23(4): 359-378.
- Meneses, J. 1977. Componentes del rendimiento y parámetros fisiológicos en cuatro variedades de habas (*Vicia faba* L.). Tesis de Maestro. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgrados, Chapingo, México.

- Moot, D.J. 1997. Theoretical analysis of yield of field pea (*Pisum sativum* L.) crop using frequency distributions for individual plant performance. *Annals of Botany*, 79:429-437.
- Munier-Jolain, N. and NEY, B. 1998. Seed growth rate in grain legumes. II. Seed growth rate depends on cotyledon cell number. *Journal of Experimental Botany*, 49:1971-1976.
- Nachi, N., J. Le Guen. 1996. Dry matter accumulation and seed yield in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Agronomie*, 16: 47-59.
- Nadal, S., A. Cabello, y J.I. Cubero. 2000. Nuevas variedades de haba de crecimiento determinado. *Revista Agropecuaria*, 812:108-109.
- Nadal, S., A. Cabello., F. Flores, and M. Moreno. 2005. Effect of growth habit on agronomic characters in Faba bean. *Journal of Agriculturae Conspectus Scientificus*. 70 (2); 43-47.
- Nadal, S. and Moreno, T. 2006. Optimal population density on determinate growth habit Faba bean for immature green pod production. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71(1): 37-39.
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2012. Estimación de superficie sembrada o plantada a nivel nacional, cultivo de hortalizas. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.odepa.gob.cl/articulos/MostrarDetalle.action?idcla=12&idcat=2&idn=2690>>. Consultado el: 15 de septiembre de 2013.
- Pilbeam, CJ; PD. Hebblethwaite and HE. Ricketts.1989. The response of determinate and semi-determinate faba bean. *Journal Science Food Agricultural*, 53, 443-454.
- Rex, E. y Faiguenbaum, H. 1995. Determinación del porcentaje de abscisión de elementos reproductivos en siete cultivares de haba. *Ciencia e Investigación Agraria*, 22(3): 87-92.
- Ruiz, P. 2008. Caracterización de cultivares de *Vicia faba* L. Memoria Ingeniero Agrónomo, mención fitotecnia. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 57p.
- Satorre, E.; R. Benech y G. Slafer. 2003. Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Agronomía. 279-312.
- Stützel, H. and W. Aufhammer. 1992. Grain yield in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* L. with different plant distribution patterns and population densities. *Journal Agricultural Science*, 118, 343-352.
- Thalji, T. 2010. Effect of plant density on seed yield and agronomic characters of faba bean (*Vicia faba* L.) under green house conditions. *Bioscience Research*, 7(1): 22-25.

- Tawaha, M and A. Turk. 2004. Field pea seeding management for semiarid Mediterranean conditions. *Journal Agronomy Crop Science*, 190: 86-92.
- Tetio-Kagho, F. and Gardner, F. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield, and yield adjustment. *Agronomy Journal*, 80:935-940.
- Wells, R. 1993. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. *Agronomy Journal*, 85: 44-48

APÉNDICE

Apéndice I. Malezas presentes en el ensayo.

Nombre Común	Nombre Científico
Yuyo	<i>Brassica rapa</i> L. ssp. <i>Rapa</i> var. <i>Silvestris</i> (Lam.) Briggs
Rábano Silvestre	<i>Raphanus sativus</i> L.
Mostacilla	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.
Verónica	<i>Veronica pèrsica</i> L.
Avena	<i>Avena sativa</i> L.
Trigo	<i>Triticum durum</i> L. ssp. <i>durum</i>
Quinhuilla	<i>Chenopodium</i> sp.
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Senecio	<i>Senecio vulgaris</i> L.
Correhuela	<i>Convolvulus arvensis</i> L.

Apéndice II. Fechas de ocurrencia de heladas durante el año experimental, estado fenológico del cultivo y temperatura de la helada.

Fecha	Estado Fenológico	Temperatura Helada °C
18 Junio 2013	-	-2,3
19 Junio 2013	-	-2,8
20 Junio 2013	-	-2,6
21 Junio 2013	-	-1,9
21 Julio 2013	Post Emergencia (desarrollo de hojas)	-1,3
22 Julio 2013		-4,5
23 Julio 2013		-2,2
24 Julio 2013		-0,1
31 Julio 2013		-0,3
09 Agosto 2013	Inicio de ramificación	-1,5
10 Agosto 2013		-0,8
13 Agosto 2013		-0,9
14 Agosto 2013		-0,6
17 Septiembre 2013	Post Floración	-2,4
18 Septiembre 2013		-1,5
22 Septiembre 2013	Inicio de formación de vainas	-1,0
28 Septiembre 2013		-1,7

Apéndice III. Altura de planta bajo los factores cultivar y densidad, en días después de emergencia.

Factor	Días después de emergencia			
	71	79	88	113
Cultivar				
Luz de Otoño	38,31 a	44,26 a	55,2 a	61,57 a
Retaca	31,43 a	31,08 b	30,67 b	31,68 b
Verde Bonita	37,67 b	38,57 c	38,87 c	39,34 b
Densidad (plantas m ⁻²)				
16	30,94 b	34,29 b	35,91 b	39,49 a
25	34,94 b	37,84 b	42,62 a	45,41 a
50	41,52 a	41,77 a	46,2 a	47,69 a

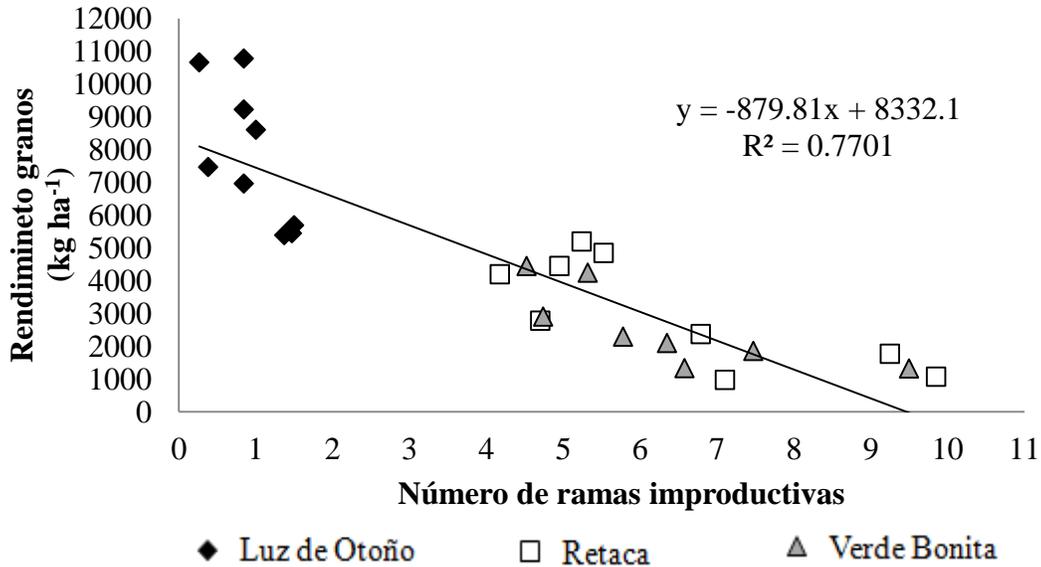
Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Apéndice IV. Número de ramas totales bajo los factores cultivar y densidad, en días después de emergencia.

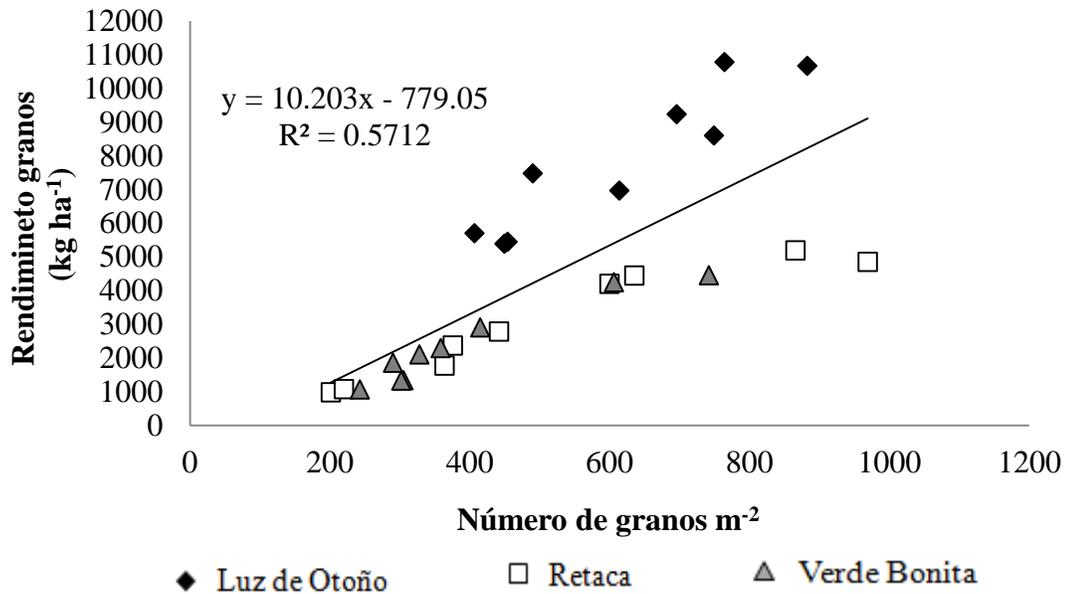
Factor	Días después de emergencia			
	71 dde	79 dde	88 dde	113 dde
Cultivar				
Luz de Otoño	2,0 a	1,9 b	2,6 b	2,6 c
Retaca	2,5 a	2,8 a	5,0 a	10,3 a
Verde Bonita	2,3 a	2,7 a	5,1 a	9,1 b
Densidad (plantas m ⁻²)				
16	2,5 a	3,0 a	5,6 a	9,5 a
25	2,2 a	2,6 a	4,2 b	7,3 b
50	2,1 a	1,7 b	2,8 c	5,2 c

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

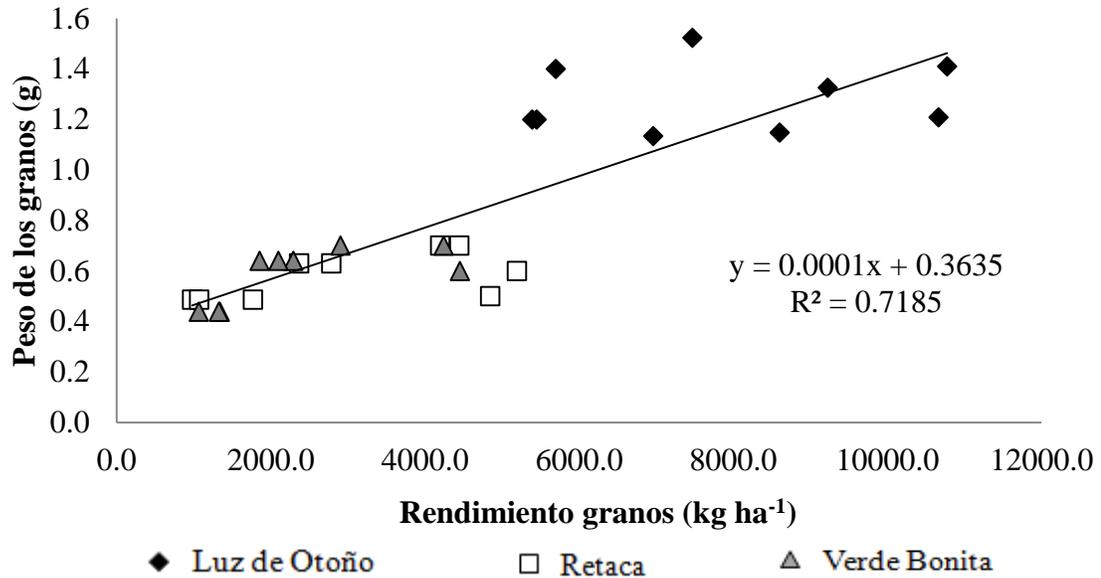
Apéndice V. Relación lineal entre el número de ramas improductivas y el rendimiento en granos en kg ha^{-1} . Donde el símbolo de rombo representa al cultivar Luz de Otoño, el cuadrado corresponde a Retaca y el triángulo a Verde Bonita.



Apéndice VI. Relación lineal entre el número de granos m^{-2} y el rendimiento en granos en kg ha^{-1} . Donde el símbolo de rombo representa al cultivar Luz de Otoño, el cuadrado corresponde a Retaca y el triángulo a Verde Bonita.



Apéndice VII. Relación lineal entre el peso de los granos en g y el rendimiento en granos en kg ha^{-1} . Donde el símbolo de rombo representa al cultivar Luz de Otoño, el cuadrado corresponde a Retaca y el triángulo a Verde Bonita.



Apéndice VIII. Coeficiente de variación para la calidad de las vainas, en relación al largo y ancho de vainas, para los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} .

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Largo vaina	27	13,98	3,69	26,39	10,45	19,89

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Ancho vaina	27	1,76	0,24	13,38	1,07	2,17

Apéndice IX. Relación porcentual entre ramas productivas y ramas totales por planta a cosecha establecidas a las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} .

Densidad (plantas m^{-2})	Número de ramas productivas	Número de ramas totales	Relación porcentual (%)
16	3,6 a	9,5 a	0,38
25	3,1 a	7,3 b	0,42
50	2,0 b	5,2 c	0,38

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Apéndice X. Componentes de rendimiento número de vainas totales m^{-2} y peso por vaina de los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m^{-2} . Adicionalmente se muestra el rendimiento de vainas totales.

Factor	N ° de vainas (vainas m^{-2})	Peso vaina (g)	Rendimiento (kg ha^{-1})
Cultivar			
Luz de Otoño	177 c	17,4 a	30.468 a
Retaca	396 a	4,9 b	19.344 b
Verde Bonita	300 b	4,6 b	14.591 c
Densidad (plantas m^{-2})			
16	230 b	10,0 a	15.315 c
25	297 a	10,0 a	22.825 b
50	345 a	9,9 a	26.263 a

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Apéndice XI. Valores de rendimiento de vainas totales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.

Cultivar	Densidad (plantas m^{-2})	Rendimiento (kg ha^{-1})
Luz de Otoño	16	23.524,6 b
Luz de Otoño	25	33.233,7 a
Luz de Otoño	50	34.646,3 a
Retaca	16	12.689,0 c
Retaca	25	20.908,4 b
Retaca	50	24.435,6 b
Verde Bonita	16	9.731,9 c
Verde Bonita	25	14.332,4 c
Verde Bonita	50	19.708,1 b

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Apéndice XII. Valores de rendimiento de vainas comerciales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.

Cultivar	Densidad (plantas m ⁻²)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Luz de Otoño	16	18.494,1 b
Luz de Otoño	25	28.426,1 a
Luz de Otoño	50	29.779,6 a
Retaca	16	6.939,7 c
Retaca	25	15.156,1 b
Retaca	50	19.015,7 b
Verde Bonita	16	6.220,7 c
Verde Bonita	25	9.993,2 c
Verde Bonita	50	15.336,8 b

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Apéndice XIII. Valores de rendimiento de granos comerciales, proveniente de la interacción de los factores cultivar y densidad.

Cultivar	Densidad (plantas m ⁻²)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Luz de Otoño	16	5.511,8 b
Luz de Otoño	25	8.987,6 a
Luz de Otoño	50	8.911,1 a
Retaca	16	1.271,8 c
Retaca	25	3.333,4 b
Retaca	50	4.613,2 b
Verde Bonita	16	1.242,8 c
Verde Bonita	25	2.082,4 c
Verde Bonita	50	3.866,3 b

Valores correspondientes a las medias. Letras distintas en sentido vertical para cada factor, indican diferencias significativas según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Apéndice XIV. Matriz de correlaciones (r), para el rendimiento de vainas y granos, componentes de rendimiento de vainas y granos, características de crecimiento y calidad de vainas, para los cultivares Luz de Otoño, Retaca y Verde Bonita y las densidades de 16, 25 y 50 plantas m⁻².

	RVC	NVC	PVC	RGC	NGC	PGC	AP	NRT	NRP	NRI	LV	AV
RVC												
NVC	0,59*											
PVC	0,71*	- 0,09 ^{ns}										
RGC	0,98*	0,51*	0,75*									
NGC	0,81*	0,90*	0,25 ^{ns}	0,76*								
PGC	0,71*	0,01 ^{ns}	0,90*	0,80*	0,28 ^{ns}							
AP	0,82*	0,13 ^{ns}	0,85*	0,84*	0,44*	0,78*						
NRT	- 0,84*	- 0,27 ^{ns}	- 0,84*	- 0,85*	- 0,55*	- 0,77*	- 0,87*					
NRP	- 0,72*	- 0,23 ^{ns}	- 0,74*	- 0,72*	- 0,45*	- 0,66*	- 0,76*	0,94*				
NRI	- 0,86*	- 0,29 ^{ns}	- 0,86*	- 0,88*	- 0,57*	- 0,79*	- 0,89*	0,99*	0,87*			
LV	0,70*	- 0,10 ^{ns}	0,96*	0,77*	0,26 ^{ns}	0,91*	0,89*	- 0,83*	- 0,71*	- 0,84*		
AV	0,42*	- 0,32 ^{ns}	0,82*	0,48*	- 0,05 ^{ns}	0,75*	0,69*	- 0,62*	- 0,51*	- 0,64*	0,79*	

*P ≤ 0.05.

RVC: Rendimiento de vainas comerciales; NVC: Número de vainas comerciales; PVC: Peso de vainas comerciales; RGC: Rendimiento de granos comerciales; NGC: Número de granos comerciales; PGC: Peso de granos comerciales; AP: Altura de planta; NRT: Número de ramas totales; NRP: Número de ramas productivas; NRI: Número de ramas improductivas; LV: Largo de vaina; AV: Ancho de vaina.