

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE
EL RENDIMIENTO HORTÍCOLA DE HABAS DE
CRECIMIENTO DETERMINADO.**

PAULINA ALEJANDRA RONDON CLERC

SANTIAGO – CHILE
2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE
EL RENDIMIENTO HORTÍCOLA DE HABAS DE
CRECIMIENTO DETERMINADO.**

**Effect of high planting densities horticultural yield on beans determined
growth.**

PAULINA ALEJANDRA RONDON CLERC

SANTIAGO – CHILE
2016

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFEECTO DE ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE
EL RENDIMIENTO HORTÍCOLA DE HABAS DE
CRECIMIENTO DETERMINADO.**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Agrónomo**

PAULINA ALEJANDRA RONDON CLERC

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Sra. Cecilia Baginsky G Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,2
PROFESORES EVALUADORES	
Sra. Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,0
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo, Dr. Sc. Agr.	6,5

SANTIAGO – CHILE
2016

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo a mi profesora guía Cecilia Baginsky por sus largos esfuerzos para poder mejorar en todas las formas posibles esta memoria y su apoyo en el tiempo transcurrido. A los profesores Ricardo Pertuzé, Danilo Aros, Claudio Pastenes, Verónica Díaz y tanto otros más, además del personal y compañeros del área de producción agrícola que, de alguna u otra forma, contribuyeron al desarrollo de este estudio, desde facilitar materiales, participar del trabajo en campo, hasta su invaluable tiempo dedicado a todas mis consultas y dudas. Al INIA La Platina por ofrecer sus servicios al trabajo realizado.

También, extender las gracias a mi familia, que me aguantó en todo momento (incluyendo el bullying), y, a mis amigos, a los que se fueron, a los que pasaron y aportaron con su granito de arena, y, sobretodo, a los que se quedaron acompañando y aperrando durante mi vida universitaria, en especial a Karina, Gabriela, Constanza, José, Angelo y Javier, quienes me brindaron todo su ánimo y buenas vibras. No puedo olvidar mencionar a Andrés por toda su ayuda y condicionalidad desde que nos conocimos, su buena disposición y entrega. Las palabras de apoyo de Paloma, Mary Fran e Ivonne, que lograban hacerme sentir mejor. A la Amandita, que me hace reír con todas sus locuras, y, a la Yuba, sin ella, nada es posible.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Hipótesis.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
Lugar de estudio.....	7
Materiales.....	7
Material vegetal.....	7
Tratamientos.....	7
Diseño experimental.....	8
Manejo del ensayo.....	9
Metodología y evaluaciones.....	10
Diseño experimental y análisis de datos.....	12
RESULTADOS.....	13
Caracterización del desarrollo del cultivo.....	13
Estado fenológico y requerimientos calóricos.....	13
Caracterización del crecimiento del cultivo.....	14
Altura de planta.....	14
Grosor del tallo principal.....	15
Número de ramas primarias y secundarias.....	15
Número de nudos reproductivos en el eje central (primarios) y ramas (secundarios).....	18
Materia seca.....	19
Materia seca total.....	19
Materia seca de ramas (primarias y secundarias).....	20
Materia seca de hojas.....	21
Materia seca de vainas.....	22
Rendimiento.....	23
Rendimiento comercial de vainas y granos verde.....	23
Componentes del rendimiento de vaina y granos verdes.....	24
Rendimiento industrial.....	26
Características agroindustriales.....	26
Uniformidad de calibre de granos y vainas.....	26
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
APÉNDICES.....	38
Apéndice I.....	38
Apéndice II.....	40
Apéndice II.....	41
Apéndice III.....	42
Apéndice III.....	44

Apéndice IV.....	45
Apéndice V.....	46
ANEXO.....	47
Anexo I.....	47

RESUMEN

En los últimos años, las habas de crecimiento determinado han ganado relevancia debido a que son plantas pequeñas, vigorosas y con una producción de vainas más uniformes. Lamentablemente, han surgido elementos indeseados tales como el exceso de ramificaciones y pocos nudos reproductivos, lo que implica menor rendimiento individual de la planta y problemas a la cosecha, debido a una mayor desuniformidad en la madurez de la vaina. Para corregir dichos problemas, el manejo sobre la densidad del cultivo se vuelve fundamental. Debido a esto se ha planteado el siguiente estudio, donde se evaluó el efecto de altas densidades en cultivares de habas determinadas, sobre el crecimiento y desarrollo de las vainas de este tipo de plantas.

El ensayo fue dispuesto en un diseño de bloques completos al azar con estructura factorial, donde los factores fueron dos densidades de plantación (28,6 y 50 plantas m^2 , con distancias entre hileras de 35 y 20 cm, respectivamente) y dos cultivares (Retaca y Verde Bonita). Se evaluaron los parámetros en crecimiento, desarrollo y rendimiento. El crecimiento se determinó mediante mediciones de altura, diámetro del tallo, número de ramas, nudos reproductivos y materia seca al inicio de floración, en precosecha, cosecha y postcosecha. Al momento de la cosecha en verde, se evaluó el rendimiento de granos y vainas, número de granos por vaina y peso de 100 granos verdes. Además, se midió el rendimiento industrial y parámetros de calidad como largo y ancho de vainas y de granos.

Los resultados muestran que al aumentar la densidad poblacional con un distanciamiento entre hileras de 20 cm (50 plantas m^2), se generaron menos ramificaciones, manteniendo el rendimiento, debido a que, si bien esta densidad generó un menor peso de granos y vainas por planta, este fue compensado por el mayor número de plantas por superficie. Además, consiguió mayores índices de materia seca, lo cual contribuye al proceso productivo al aumentar el rendimiento.

Palabras claves: Retaca, Verde Bonita, distancia entre hileras (DEH), densidad poblacional.

ABSTRACT

In recent years, determined growing beans have gained particular relevance because they are small, vigorous and with a production of more uniform pod plants. Unfortunately, there have been unwanted elements such as excess branches and few reproductive nodes, which means less individual plant performance and crop problems due to greater non-uniformity in pod maturity. To correct these problems, management of crop density becomes fundamental. Because this has propounded the following study, where the effect of high densities in determinated cultivars of beans on the growth and development of the pods of these plants was evaluated.

The experiment was arranged in a completely randomized block design with factorial treatment structure, where the factors were two sowing densities (28.6 and 50 plants m², with distances between rows - DBR - 35 and 20 cm) and two varieties (Retaca and Verde Bonita). The parameters of growth, development and yield were measured. Growth was evaluated by measurements of height, stem diameter, number of branches, reproductive nodes and dry matter evaluated at the beginning of flowering, preharvest, harvest and senescence. At harvest time grain and pods yields, number of grains per pod and weight of 100 green beans were evaluated. In addition, the industrial yield and quality parameters as length and width of pods and commercial grains were measured.

The results show that increasing population density with a row spacing of 20 cm (50 plants m⁻²), less ramifications were generated, while maintaining performance, because, although this density generated a lower weight of beans and pods per plant, this was offset by the greater number of plants per surface. Also, it obtained higher rates of dry material, which contributes to the production process to increase yields.

Keywords: Retaca, Verde Bonita, distance between rows (DBR), population density

INTRODUCCIÓN

Los cultivares de haba (*Vicia faba* L.) de uso comercial en Chile, se caracterizan por ser de hábito de crecimiento indeterminado; esto significa que las plantas, luego de comenzar la floración, continúan la producción de nudos vegetativos y ramificaciones sobre el tallo principal (Baigorri y Giorda, 1997). A consecuencia de esto, flores y vainas se desarrollan en un mismo momento en distintas ubicaciones de la planta causando cosechas desuniformes, debiéndose realizar dos o tres cortes con el objetivo de lograr una óptima calidad y rendimiento (Faiguenbaum, 2003).

Con la finalidad de dar solución a este problema y dada la escasez de mano de obra que actualmente se presenta en Chile, se han evaluado en nuestro país cultivares introducidos desde España que presentan un crecimiento de hábito determinado. Estos cultivares son Retaca y Verde Bonita, los que además producen vainas y granos del tipo “baby”, generando una mayor diversificación en el mercado de las hortalizas (FIA, 2008).

Estos cultivares se caracterizan por ser plantas de baja altura, con tallos cortos y vigorosos (Poulain, 1984) evitando con ello problemas de tendedura causada por las lluvias y/o vientos (Ruíz, 2008). Otras características presentes son la producción homogénea y calidad de sus vainas, ya que se producen en la parte apical de la planta, evitando el contacto de éstas con patógenos y/o insectos presentes en el suelo, los que podrían depreciar la calidad por el daño que ocasionan (Nadal et al., 2004a, citado por Santander, 2009). La producción homogénea se debe al bajo número de nudos reproductivos generados en el eje central, lo cual permite mayor uniformidad en cuanto al desarrollo de las vainas de manera conjunta y consecutiva. Robertson y Filippetti (1991), señalan que las plantas de crecimiento determinado producen en promedio 4 a 5 nudos reproductivos por eje. Estudios realizados por Nadal et al. (2004b) señalan que Retaca produce alrededor de 4 nudos reproductivos en el eje central, en tanto, estudios en Verde Bonita realizados por Soto (2009) indican un promedio de 3,2 a 4,7 nudos reproductivos por eje central.

Gracias a estos atributos, Faiguenbaum (1993) señala que se podría realizar una sola cosecha, la cual podría ser llevada a cabo de forma mecanizada, aspecto que con los cultivares indeterminados actuales no es posible realizar por presentar gran altura, tendeduras, alto número de ramas y nudos reproductivos distribuidos en el tercio inferior de la planta; además, de que no existe maquinaria dimensionada para ello (Briones, 2009). Baginsky (2008), menciona que debido al alto costo de mano de obra para realizar labores de cosecha en plantas indeterminadas, se recolectan las vainas en una sola oportunidad, obteniendo producciones desuniformes en calidad de vainas (maduras, sobremaduras e inmaduras) así como menor rapidez en la labor.

Los cultivares de crecimiento determinado poseen un potencial de rendimiento por planta entre un 25% y 50% inferior en relación a los de crecimiento indeterminado. Esto se debe al alto número de ramas improductivas que generan y el bajo número de nudos reproductivos en comparación a los cultivares indeterminados. Además, presentan un alto porcentaje de abscisión de elementos reproductivos y anomalías en la floración, lo que

implicaría un menor número de vainas por plantas y menor tamaño de granos (Robertson y Filippetti, 1991; López-Bellido et al., 2005). Ruiz (2008) obtuvo rendimientos de vaina verde de 7.245 kg ha⁻¹ en Verde Bonita y de 6.182 kg ha⁻¹ en Retaca. Los cultivares indeterminados, en tanto generaron 19.901 kg ha⁻¹ de rendimiento promedio, por lo que Verde Bonita solo alcanzó un 36,4% y Retaca un 31% del rendimiento respecto a los cultivares indeterminados. Una de las diferencias en rendimiento con los cultivares indeterminados es que estos últimos presentan un tallo principal que contribuye con más del 65% al rendimiento total, en tanto en los determinados, este porcentaje no supera el 50% y las ramas secundarias son, en su mayoría, improductivas (Nachi y Le Guen, 1996). Carrasco (2004) indica que tantos los cultivares indeterminados como los determinados producen gran cantidad de ramas; no obstante, Soto (2009) menciona que los determinados presentan más ramas improductivas. Este hecho lleva consigo un menor rendimiento por planta debido a la ineficiencia en el reparto de asimilados, observándose un alto porcentaje de abscisión de estructuras reproductivas (Nachi y Le Guen, 1996). Esta baja producción se puede compensar, en parte, estableciendo mayores densidades de plantas (Bozoglu et al., 2002), puesto que, según Poulain (1984), uno de los factores más sensibles a las variaciones de densidad es el número de ramas por planta, produciéndose una disminución de ellas con el aumento de la población. Este hecho está asociado a la mayor competencia por espacio y nutrientes que se establece entre plantas en altas densidades (Kakiuchi y Kobata, 2004).

Poulain (1984), señala que una mayor población determina un incremento en la altura de las plantas y una disminución en el número de ramificaciones. En este sentido, experimentos realizados por Briones (2009), en el cultivar Verde Bonita establecido a alta densidad (286.0000 planta ha⁻¹), demostraron que las plantas obtuvieron una altura de 64 cm, en tanto que las plantas establecidas a una menor densidad (160.000 planta ha⁻¹), presentaron una altura de 57 cm, es decir, 7 cm menos.

Uno de los componentes que determina el rendimiento de vainas es el número de vainas por planta, las cuales decrecen linealmente al aumentar la densidad de población, siendo el factor más limitante en el rendimiento y el más sensible antes las variaciones de densidad de planta (Salih, 1989). Dahmardeh et al. (2010), también reportaron que el aumento en el número de plantas por superficie, afectó negativamente el número de ramas y vainas por planta; ya que con 12,5 plantas m⁻² se obtuvieron 5,4 vainas por planta y en 20 plantas m⁻² este valor fue de 4 vainas.

Los mayores rendimientos en cultivares determinados se han logrado con un espaciamiento de 25-35 cm entre hileras (Silim y Saxena, 1993). Graf y Rowland (1987) recomiendan como densidad óptima económica 38 plantas m⁻², mientras que Loss et al. (1998) proponen entre 30 a 45 plantas m⁻² para lograr un buen rendimiento en condiciones de clima mediterráneo. Saxena et al. (1991) indican poblaciones de 20-26 plantas m⁻², pero en situaciones de secano aumentan a 44 plantas m⁻². Por otro lado, Matthews et al. (2001) sugieren que si la disponibilidad hídrica del cultivo es buena se podría tener una población de 15-20 plantas m⁻², en tanto, que con baja disponibilidad hídrica, entre 30-35 plantas m⁻², para obtener rendimientos de granos entre 2,5-7 t ha⁻¹ (Matthews et al., 2008).

La literatura ofrece diferentes versiones sobre cuál podría ser la densidad óptima para cultivares de bajo crecimiento, estableciendo rangos que van desde 30 hasta 100 plantas m^{-2} (Bozoglu et al., 2002, Nadal y Moreno, 2006). Según Nadal et al. (2000), la población que se ha establecido normalmente en los cultivares Retaca y Verde Bonita es de 30 plantas m^{-2} , la que es aproximadamente 10 veces mayor de la que se requiere en plantas de crecimiento indeterminado. De hecho, en estos últimos cultivares se establecen habitualmente densidades que fluctúan entre 3,0 y 3,5 plantas m^{-2} , con distancias entre hileras de 70 a 80 cm y de 30 a 35 cm sobre hilera (Faiguenbaum, 2003). Esto se debe al gran tamaño de las plantas y su cosecha manual, la que exige gran espacio entre las hileras para poder realizar la labor sin dañar el cultivo.

En Chile, para los cultivares determinados Retaca y Verde Bonita, se han probado altas densidades, con un espaciamiento entre hileras entre 50 y 35 cm (Briones, 2009). Sin embargo, los resultados demuestran que el número de ramas improductivas se mantenía alto. Valores obtenidos por Ruíz (2008) para cultivares determinados promediaron 7,5 ramas por planta, siendo solo 1,6 productivas (21%) con distancia entre hilera de 50 cm. Por otra parte, ensayos realizados por Soto (2009) mostraron que las plantas no alcanzaron a superar el mínimo de ramas productivas (46%) sobre las ramas totales (Retaca alcanzó 6,7 ramas, de las cuales solo 2,3 eran productivas (34%); en cambio, Verde Bonita obtuvo 2 ramas productivas (39%) de 5,2 ramas totales). Por tal motivo, se pretende en este estudio, aumentar aún más la densidad de plantas con el objeto de reducir la producción de ramas y mejorar la uniformidad en la madurez de las vainas.

Hipótesis

El aumento de densidad de plantas en cultivares de habas de crecimiento determinado genera una menor producción de ramas, manteniendo el rendimiento por unidad de superficie.

El aumento de densidad de plantas en cultivares de habas de crecimiento determinado genera una mayor uniformidad en el tamaño de las vainas y granos.

Objetivo general

Determinar el efecto que genera una alta densidad de plantas en habas de crecimiento determinado sobre el rendimiento, sus componentes, y, la uniformidad de vainas y granos.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de una alta densidad de plantas sobre el rendimiento y sus componentes en los cultivares Retaca y Verde Bonita.
- Determinar el efecto de una alta densidad de plantas sobre parámetros de crecimiento y desarrollo en los cultivares Verde Bonita y Retaca.
- Determinar cómo se afecta la uniformidad de vainas y granos con el aumento de la densidad de plantas
- Determinar diferencias de rendimiento entre los cultivares de crecimiento determinado Retaca y Verde Bonita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo entre los meses de Mayo a Noviembre de 2012 en la Estación Experimental Antumapu ubicada en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33°34'13.28" latitud Sur y 70°38'15.37" latitud Oeste (Google Maps, 2012)). El clima es templado mesotermal mediterráneo semiárido, con suelos de origen aluvial, moderados a ligeramente delgados, ligeramente profundos con topografía plana, y, de textura franca arenosa (Comisión Nacional de Riego, 1981; CIREN, 1996).

Materiales

Material vegetal

Se utilizaron los cultivares de haba (*Vicia faba* L.) de crecimiento determinado Retaca y Verde Bonita, caracterizados por presentar plantas de tallos erectos, vigoroso, hueco y de sección cuadrangular, cuyo grosor se mantiene de manera similar a lo largo de toda la planta.

Estos cultivares proceden del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de España (IFAPA), y fueron introducidos a Chile a través del proyecto financiado por FIA “Introducción de nuevas alternativas varietales para la producción de haba tipo *baby* y bases de mejoramiento del haba en Chile”.

Tratamientos

El ensayo contempló 4 tratamientos compuestos por los dos cultivares, Retaca y Verde Bonita, y dos distancias entre hileras (DEH) de 20 y 35 cm, donde cada tratamiento contempló 4 repeticiones. En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los tratamientos.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Cultivar	Distancia entre hileras (DEH) cm	Densidad de plantas N° plantas m ⁻²
T ₁	Retaca	35	28,6
T ₂	Verde Bonita	35	28,6
T ₃	Retaca	20	50
T ₄	Verde Bonita	20	50

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con estructura factorial de 2 x 2. Los factores sometidos a estudio fueron la distancia entre hileras y los cultivares ya mencionados (Cuadro 1).

La unidad experimental correspondió a parcelas de 5 m de largo por 2,45 m de ancho, estableciendo en el caso del tratamiento a 0,35 m 7 hileras por unidad experimental y, para el tratamiento a 0,20 m 10 hileras por unidad experimental. Las plantas fueron establecidas a una distancia sobre hilera de 0,1 m para ambos casos.

El ensayo contempló una superficie total de 370 m² (incluyendo pasillos y bordes). En la Figura 1, se presenta un esquema de distribución de los tratamientos en el campo.

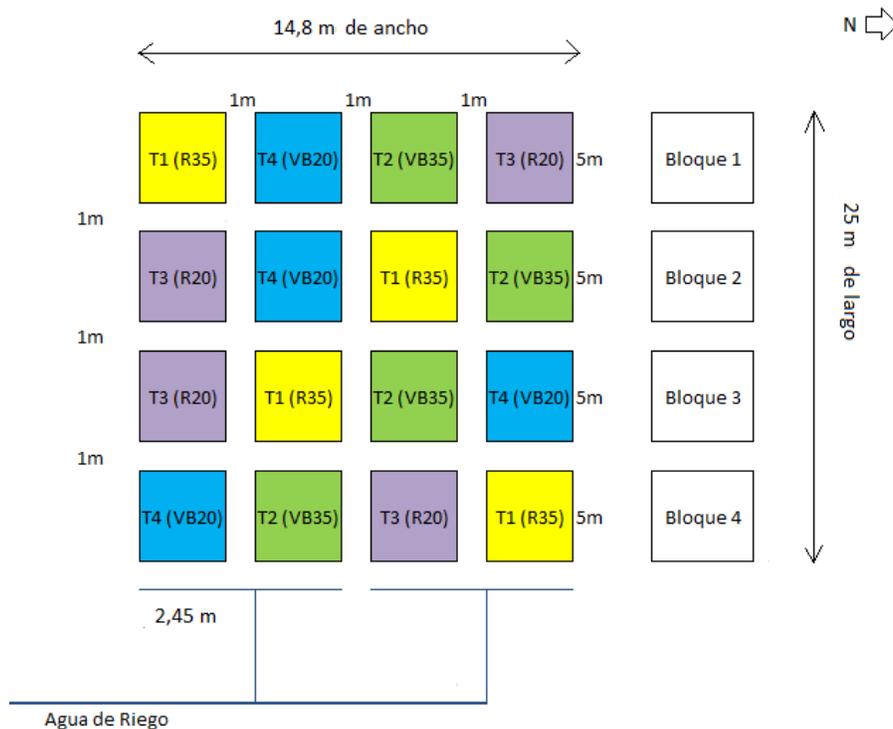


Figura 1. Diseño del ensayo en bloques completos al azar.

Manejo del ensayo

- Preparación de suelo: El suelo fue preparado en base a una aradura incorporando el rastrojo del cultivo anterior (Chía, *Salvia hispánica*). Posteriormente se regó y al momento de la siembra se afinó la cama de semillas con una rastraje superficial, de tal manera que el suelo presentara buenas condiciones de mullimiento y humedad.
- Fertilización: Se aplicó el equivalente a 30 unidades de nitrógeno (N) como urea, 130 unidades de fósforo (P) como superfosfato triple y 60 unidades de potasio (K) como sulfato de potasio en toda el área del experimento.
- Siembra: Se realizó en forma manual el 5 de junio de 2012. Las semillas fueron depositadas sobre el suelo mullido asegurando una profundidad de 5 cm aproximadamente, para ser tapada manualmente.
- Riego: El sistema de riego se realizó por tendido, debido a la estrecha separación entre las hileras. Se realizaron 4 riegos los que se iniciaron a fines de septiembre (25/09), siendo el último dado a inicios de noviembre, antes de la última cosecha (Anexo I).
- Control fitosanitario: Para el control de malezas se aplicó al segundo día después de siembra, una mezcla de los herbicidas preemergentes Pendimethalin y Linuron de 3 y 1 L ha⁻¹, respetivamente. Luego, durante el ensayo se procedió a controlar las malezas de forma manual y periódica. Para el control de plagas y enfermedades, el día 84 después de siembra (inicio floración) se realizó la primera aplicación de una mezcla de fungicida e insecticida, Rovral L40 y Trigard 75 WP, respectivamente, para evitar la diseminación de *Botrytis cinerea* y el ataque de *Liriomyza spp.* La segunda aplicación consistió en una mezcla de Captan-Benlate (día 112 después de siembra, durante llenado de grano) y la tercera, el día 127 después de siembra, con la misma mezcla de los productos.
- Cosecha: El momento de cosecha se determinó de forma visual considerándose el tamaño promedio de los granos entre 0,8 y 1,2 cm de ancho. La cosecha se realizó de forma manual el 27 de octubre para los tratamientos R35 y VB35 del bloque 1, y 30 de octubre, para el resto de los tratamientos. Las muestras se almacenaron en frío a 10°C.

Metodología y evaluaciones

Para las evaluaciones en los estados de crecimiento se realizaron muestreos de plantas en cuatro estados de desarrollo, considerándose como fechas de muestreo, cuando el 50% de las plantas presenta la característica buscada. En el Cuadro 2 se presentan los estados de desarrollo a evaluar.

Cuadro 2. Estados de desarrollo del haba en los que se realizaron evaluaciones de crecimiento de las plantas.

Estado de desarrollo	Reconocimiento visual del estado de desarrollo
Floración	Primera flor abierta.
Precosecha	Vainas con un crecimiento de 5 cm de largo.
Cosecha	Vainas con granos de entre 0,9 y 1,2 cm de diámetro ecuatorial.
Postcosecha	Vainas con granos mayores a 1,2 cm de diámetro ecuatorial y necrosis de vainas.

En cada muestreo se evaluó un total de cinco plantas en competencia perfecta por unidad experimental, considerando los siguientes parámetros:

- Altura de planta (cm): Se consideró desde la base del cuello de la planta hasta la inserción de la última hoja.
- Grosor del tallo central (mm): Se midió a la altura del primer nudo reproductivo con un pie de metro.
- Número de ramas por planta: Se agrupó en ramas primarias (provenientes del eje central) y secundarias (provenientes de las ramas de primer orden).
- Número de nudos reproductivos en ramas primarias y ramas secundarias.
- Materia seca de hojas, tallos y vainas: Se colocaron en bolsas de papel, por separado y picados los órganos de la planta. Fueron secados en estufas a 72°C por 72 horas continuas, ubicadas en las dependencias de la universidad. Luego, se pesaron en balanzas digitales con mediciones de hasta 2 decimales.

Además, durante el desarrollo del cultivo, se llevó a cabo un registro de los días transcurridos desde siembra a:

- Emergencia.
- Inicio de floración.
- Inicio de llenado de granos.
- Cosecha en verde. Se determinó cuando las vainas presentaron granos cuyo tamaño fluctuó entre 0,9 y 1,2 cm de diámetro ecuatorial.

Asimismo fueron registradas, mediante la estación meteorológica La Platina INIA, las temperaturas máximas, mínimas y medias, así como el régimen de precipitaciones y la presencia de heladas. Se calculó también la acumulación de Días Grado (DG), utilizando para ello los registros indicados anteriormente y considerando una temperatura umbral o base de crecimiento para el haba de 0°C (Confalone, 2008).

$$DG = T_m - T_b$$

$$DG = \sum [(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}) / 2] - 0^\circ\text{C}$$

Donde T. máx.: temperatura máxima, T. mín.: temperatura mínima y Tm.: temperatura media.

Con el objetivo de evaluar rendimiento en verde por planta y superficie, una vez que el cultivo presentó tres nudos vegetativos, se marcaron dos sectores de un metro lineal en cada unidad experimental. Los sectores, fueron seleccionados en las hileras centrales considerando que todas las plantas estuvieran en competencia perfecta. Cada sector contempló diez plantas, por lo que el rendimiento fue evaluado en un total de 20 plantas por repetición. El momento de cosecha en verde se estimó en forma visual (abriendo 5 vainas al azar en hileras marcadas) considerando un tamaño de granos que fluctuara entre 0,8 y 1 cm de ancho en el diámetro ecuatorial.

Los parámetros a evaluar y calcular fueron:

- Número y peso de vainas totales, comerciales y de desecho por planta o gramos m⁻² (vainas comerciales presentaban granos del tamaño antes indicado y vainas de desecho aquellas cuyos granos superaban o fueran inferiores al valor antes mencionado).
- Número de granos por vaina.
- Peso de 100 granos verdes.
- Peso de los granos totales cosechados por planta.

En base a estos parámetros, se calculó el rendimiento en vainas y granos por hectárea. Además se determinó el rendimiento industrial:

$$\text{Rendimiento industrial} = (\text{peso granos} / \text{peso vaina comercial}) \times 100.$$

Igualmente, la calidad de la materia prima para la industria de congelados se evaluó bajo los siguientes criterios:

- Uniformidad del calibre de vainas y granos. Se midió el ancho y largo de vainas obtenidas al azar de los 2 sectores demarcados de plantas por cada unidad experimental. Lo mismo se hizo con los granos midiéndose el ancho (a la altura del diámetro más angosto) y el largo del grano sin contabilizar el hilum. Además, se calculó el coeficiente de variación para ambos parámetros.

Diseño experimental y análisis de datos

Los datos fueron procesados con el programa MINITAB. Luego de corroborar los parámetros de homocedasticidad de los errores y normalidad de varianza se obtuvo un análisis de varianza (ANDEVA) para el experimento con diseño en bloques completamente aleatorizado con estructura factorial, a la cual se le realizó una prueba de comparaciones múltiples (PCM) con un estadígrafo Tukey a un nivel de 95% de confianza.

RESULTADOS

Caracterización del desarrollo del cultivo

Estado fenológico y requerimientos calóricos

Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos para este parámetro, no se presentó interacción entre los factores, ni tampoco diferencias significativas para cada factor. Las plantas emergieron 26 días después de la siembra, extendiéndose la fase vegetativa hasta los 84 días después de la misma, produciendo un total de 8 nudos vegetativos. Las primeras ramificaciones emanaron a los 52 días, cuando las plantas presentaban 4 hojas en promedio.

La fase reproductiva, vale decir, desde que la planta inicia floración hasta la cosecha en verde (para el caso de este estudio) tuvo una duración de 61 días (acumulando esta fase 344,1 DG), por lo tanto, el ciclo completo (de semilla a senescencia del cultivo) tuvo una duración de 164 días (Figura 2).

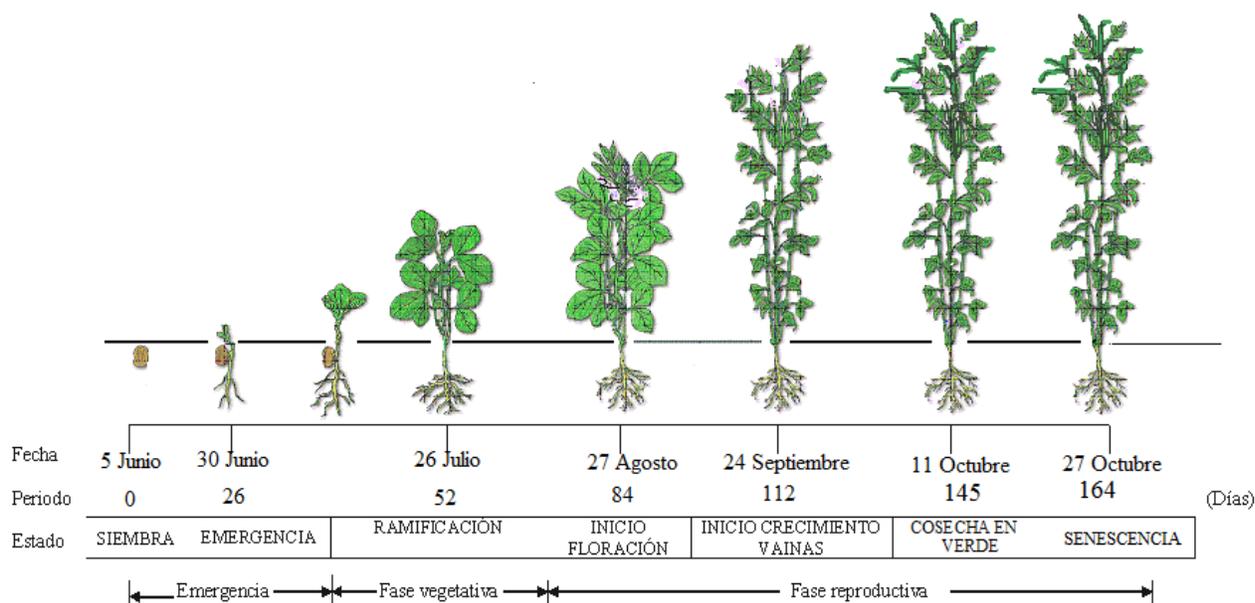


Figura 2. Fenofases del desarrollo vegetativo y reproductivo de los cultivares de haba de crecimiento determinado.

Los requerimientos térmicos necesarios para obtener los estados de desarrollo de los cultivares han sido procesados de forma conjunta y se presentan en el Cuadro 3, no existiendo interacción ni diferencias significativas entre los factores:

Cuadro 3. Requerimiento térmico para diferentes etapas de desarrollo en los cultivares Retaca y Verde Bonita.

Estados de Desarrollo	Días Grado (DG)
Siembra – emergencia	264,2
Siembra – inicio de floración	758,3
Siembra – inicio llenado de grano	1.102,4
Siembra – cosecha en verde	1.522,4

Durante la temporada se detectaron 21 alertas de heladas; de las cuales 3 fueron durante la fase reproductiva del cultivo ($-0,5^{\circ}\text{C}$, 0°C y $0,4^{\circ}\text{C}$ entre finales de floración, inicio de llenado de granos y 3 días antes de precosecha, respectivamente) (Anexo I. Cuadro 1). Pero la temperatura más baja fue de $-2,9^{\circ}\text{C}$ al día siguiente de la siembra. La temperatura más alta se registró el 11 de noviembre siendo de $30,5^{\circ}\text{C}$, cinco días antes del periodo de senescencia. En tanto, las precipitaciones de la temporada sumaron 179,5 mm, siendo la última lluvia importante el 6 de octubre con 26,3 mm en el período de llenado de granos.

Caracterización del crecimiento del cultivo

Altura de planta

Al analizar estadísticamente los resultados, no se presentó interacción entre los factores estudiados, por lo que se procedió a analizar cada uno de ellos por separado. Las alturas promedio, obtenidas en los tres muestreos realizados, señalan diferencias significativas para el factor cultivar (Cuadro 4), sin existir diferencia entre DEH, promediando 38,7 cm. En los estados de floración y de precosecha, se observó que Verde Bonita alcanzó mayores alturas (10%) y Retaca equiparó estos valores en los últimos estados de crecimiento, llegando a cosecha con una altura similar a la de Verde Bonita. El promedio a la cosecha fue de 42,94 cm.

Cuadro 4. Altura de plantas, en centímetros, de los cultivares Retaca y Verde Bonita evaluadas en distintos estados de desarrollo.

Cultivar	Floración	Precosecha cm	Cosecha
Verde Bonita	37,38 a	40,50 a	44,20 a
Retaca	32,29 b	36,14 b	41,68 a

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Grosor del tallo principal

En el Cuadro 5 se presentan los resultados durante la cosecha, mostraron diferencias significativas en la interacción entre los cultivares y la distancia entre hileras. Verde Bonita fue el cultivar que al disminuir la distancia entre hileras (de 35 a 20 cm) redujo su grosor de tallo en 1,35 cm, en tanto, Retaca no fue sensible a este hecho manteniendo su grosor.

Cuadro 5. Grosor del tallo central de los cultivares de hábito de crecimiento determinado, Retaca y Verde Bonita evaluados en el momento de cosecha.

Cultivar	Distancia entre hileras (cm)	Díámetro (mm)
Retaca	35	8,00 b
Verde Bonita	35	9,35 a
Retaca	20	8,20 ab
Verde Bonita	20	8,00 b

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Número de ramas primarias y secundarias

El número de ramas por planta se divide en ramas primarias y secundarias. Las primarias o basales corresponden a las que nacen desde el tallo principal a la altura del cuello de la planta (eje central). Las ramas secundarias, en cambio, son ramas que crecen desde las ramas primarias, con o sin posibilidad de poseer yemas florales.

Al analizar estadísticamente estos resultados se observó que tanto para ramas primarias como para secundarias, no existió interacción entre los factores estudiados, por lo que se realizaron los análisis a cada uno de los factores por separado.

La Figura 3 muestra la evolución de las ramas primarias obtenidas durante el ensayo, para el factor distancia entre hileras, alcanzando solo diferencias significativas en las mediciones realizadas durante la cosecha, donde las plantas a distancia de 35 cm entre hileras lograron 4,91 ramas en promedio, siendo un 22,8% mayor respecto de la DEH de 20 cm.

Los datos obtenidos en el factor cultivar no fueron significativos, promediando 3,8 ramas primarias y 1,3 ramas secundarias.

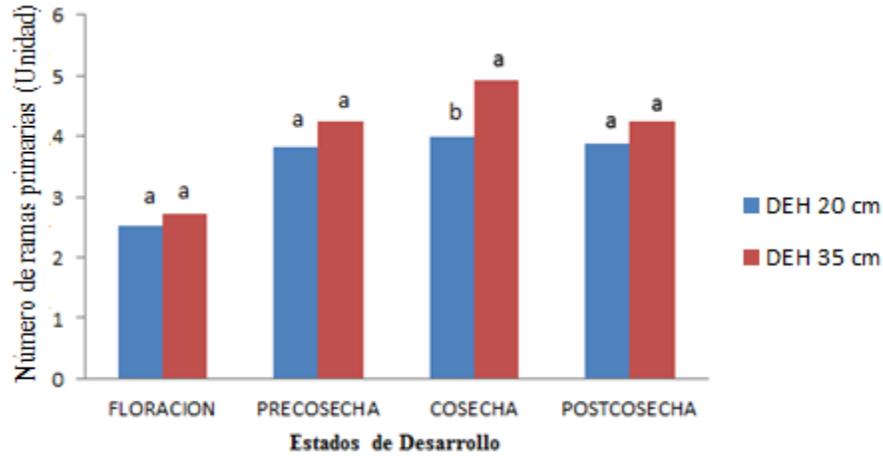


Figura 3. Número de ramas primarias promedio por tratamiento de DEH durante el desarrollo del cultivo, donde 20 significa distanciamiento entre hileras de 20 cm y 35 corresponde a 35 cm de distanciamiento entre hileras. Letras diferentes en sentido horizontal por estado de desarrollo, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Una misma tendencia se muestra a nivel de ramas secundarias donde se observó que la plantas establecidas a una mayor DEH (35 cm) produjeron más ramas secundarias, siendo estadísticamente diferentes en los estados de precosecha y cosecha, con valores de 1,34 y 2,11 ramas secundarias respectivamente (Figura 4).

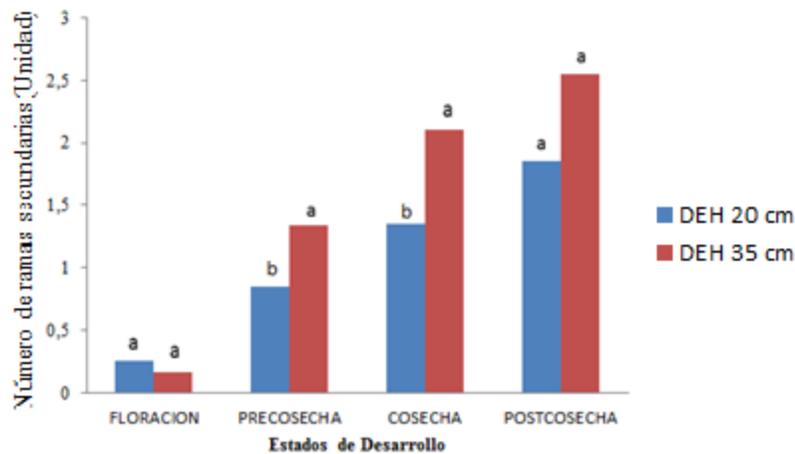


Figura 4. Número de ramas secundarias promedio por tratamiento de DEH durante el desarrollo del cultivo, donde 20 significa distanciamiento de 20 cm y 35 corresponde a 35 cm de distanciamiento entre hileras. Letras diferentes para cada estado de desarrollo, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

En la Figura 5 se presenta el número de ramas totales por planta a través de los estados de desarrollo del cultivo, demarcando las proporciones de ramas primarias y secundarias, donde ramas primarias llegan al 74,6% en promedio en contraste a la media de 25,5% de las secundarias (Apéndice I, cuadros 1 y 2).

La mayor variación en la producción de ramas la generó la distancia entre hileras, ya que a nivel de cultivar solo se presentaron diferencias significativas en las ramas totales del eje central. Además, la distancia de 20 cm generó la menor producción de estructuras reproductivas (Apéndice I. Cuadro 3).

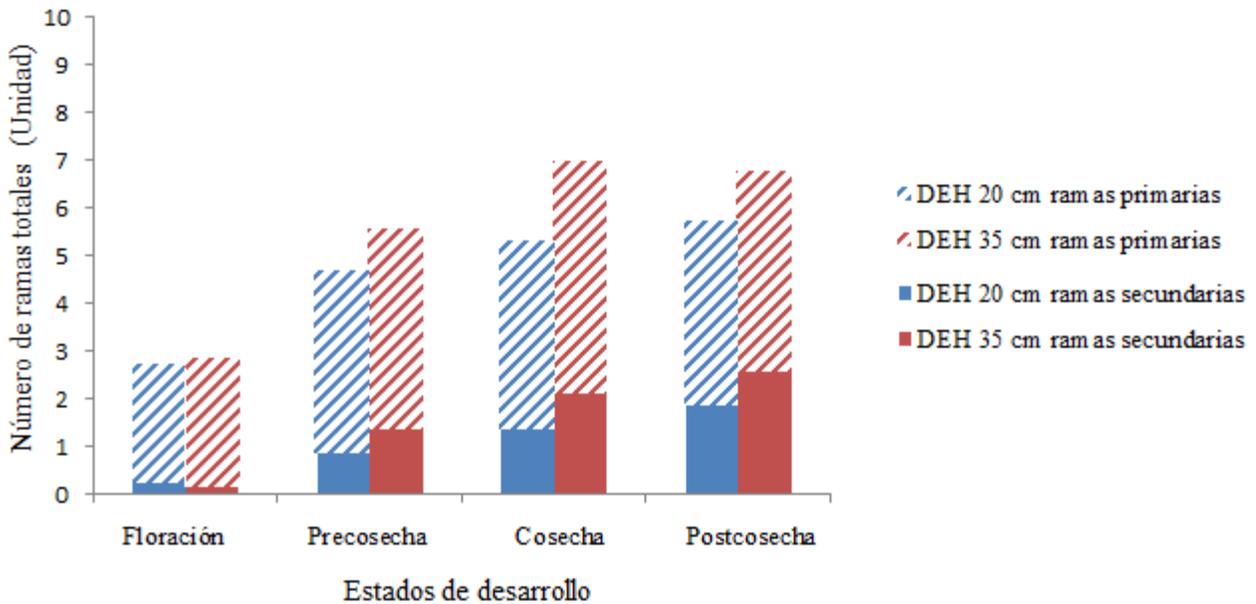


Figura 5. Número de ramas primarias y secundarias promedio por factor DEH durante el desarrollo del cultivo. Donde DEH 20 cm significa distanciamiento de entre hileras de 20 cm, tanto para ramas primarias como secundarias, y, DEH 35 cm denota una distancia de entre hilera de 35 cm para ramas primarias y secundarias.

Número de nudos reproductivos en ramas primarias y secundarias

Los nudos reproductivos primarios se presentan en la parte superior del eje central y/o ramas primarias de la planta entre el sexto y octavo nudo.

Según las pruebas estadísticas no existió interacción entre los factores y solo se presentaron diferencias significativas a nivel de cultivar en el periodo de floración. El cultivar Verde Bonita logró producir 0,3 nudos más que Retaca. Al final del ciclo del cultivo, la planta logró producir en promedio 3,4 nudos reproductivos (Cuadro 6). Para el factor distancia entre hilera, promediaron hasta el final del periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo 2,8 nudos (Apéndice 1, Cuadro 4).

Cuadro 6. Número de nudos reproductivos en eje central durante el ciclo de desarrollo de los cultivares.

Cultivar	Floración	Precosecha	Cosecha	Postcosecha
Cantidad (N°)				
Verde Bonita	1,45 a	3,23 a	3,20 a	3,38 a
Retaca	1,15 b	2,98 a	3,36 a	3,33 a

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Los nudos reproductivos de ramificaciones se desarrollan a lo largo de las ramas laterales o secundarias. En el presente caso, se observó sólo efecto del factor distancia entre hileras a partir del estado de precosecha, como lo muestra el Cuadro 7, donde las plantas establecidas a 35 cm de distancia entre hilera mostraron un mayor número de nudos reproductivos secundarios, presentando en estos estados 0,6 nudos reproductivos adicionales. En cuanto al cultivar, promediaron 1,1 nudos secundarios (Apéndice I, Cuadro 5).

Cuadro 7. Número de nudos reproductivos secundarios por rama según factor distancia entre hileras.

DEH (cm)	Floración	Precosecha	Cosecha	Postcosecha
Cantidad (N°)				
35	0,16 a	1,34 a	1,76 a	1,81 a
20	0,25 a	0,85 b	1,03 b	1,23 b

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Se promediaron 3,8 nudos totales (ramas primarias y secundarias), no encontrándose interacción en los factores, pero si diferencias significativas a nivel de la distancia entre hilera, donde DEH 35 obtuvo 4,05 nudos totales por planta, en comparación a 3,54 nudos de DEH 20 cm.

Materia seca

Materia seca total

Los análisis realizados a las estructuras de materia seca total promedio por unidad de superficie (conjunto de ramas, hojas y vainas) no presentaron interacción entre los factores, pero sí hubo diferencias significativas en el factor distancias entre hileras, mientras que los cultivares promediaron $758,7 \text{ g m}^{-2}$. La mayor acumulación de materia seca total alcanzada fue para 20 cm, observándose una diferencia de 40% respecto de la distancia 35 cm. La proporción de acumulación de biomasa alcanzada durante todo el periodo de crecimiento de los órganos fueron 43,8% de vainas, 30,5% de hojas y un 25,7% de vainas (Apéndice II. Cuadro 3).

Cuadro 8. Materia seca total.

	Factor	Promedios g m^{-2}
	Prom MS	758,6
DEH	20 cm	886,0 a
	35 cm	631,3 b
CV	Retaca	728,9
	Verde Bonita	788,4

Donde Prom MS (promedio de materia seca total), DEH (densidad entre hileras) y CV (cultivares).

Letras diferentes en sentido vertical por cada factor indican que existen diferencias significativas.

Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

El análisis de los datos correspondientes a la materia seca de ramas, hojas y vainas por separado, no mostraron interacción entre los factores. Sin embargo, si existieron diferencias significativas para el factor cultivar en ramas y hojas (Apéndice II, cuadros 1 y 2). En tanto, para el factor DEH se obtuvieron significancias estadísticas en ramas, hojas y vainas.

Materia seca de ramas (primarias y secundarias)

Según el factor cultivar, Verde Bonita generó mayor biomasa (Figura 6A), en los estados de floración y precosecha alcanzando $229,7 \text{ g m}^{-2}$ versus $184,2 \text{ g m}^{-2}$ del cultivar Retaca. El momento de mayor “peak” fue durante la cosecha logrando un promedio de $267,7 \text{ g m}^{-2}$ entre ambos cultivares (la diferencia no significativa fue de 40 g m^{-2}).

En cuanto al factor DEH, la distancia de 20 cm generó plantas con un valor significativamente más alto en comparación con la distancia de 35 cm. La máxima acumulación de materia seca se logró a la cosecha con valores de $283,0 \text{ g m}^{-2}$ en las plantas de 20 cm en relación a $192,4 \text{ g m}^{-2}$ promedio en las de 35 cm (Figura 6B).

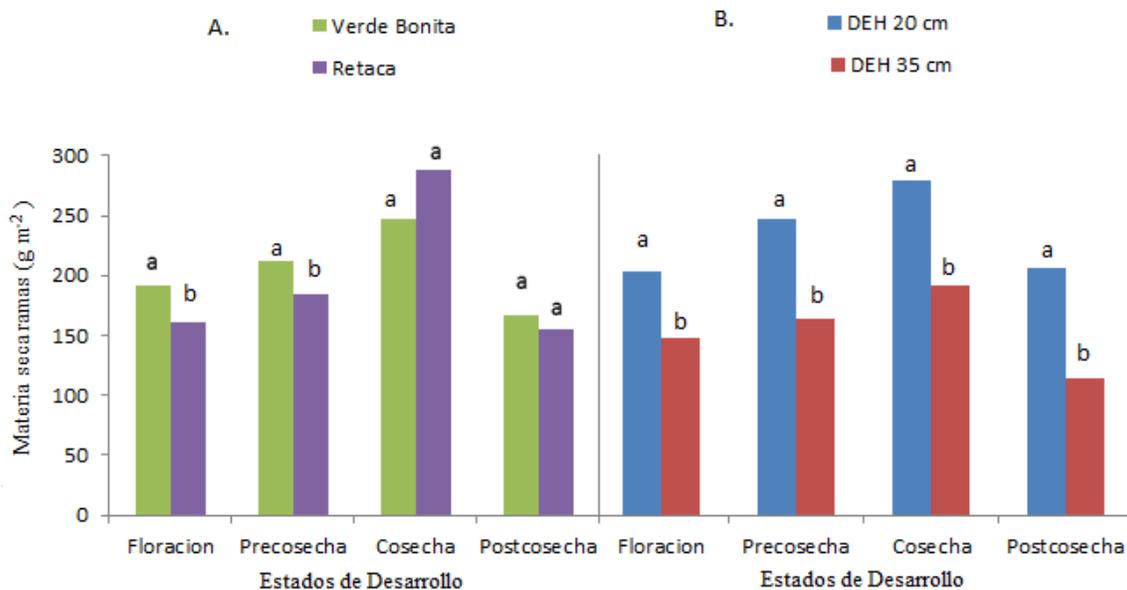


Figura 6. Materia seca promedio de ramas (primarias y secundarias) según factor cultivar (A) y densidad entre hileras (B), durante el transcurso del cultivo. Letras diferentes por estado fenológico de cada factor, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Materia seca de hojas

Para el caso del factor cultivar, se encontraron diferencias significativas en los periodos de precosecha y cosecha, con valores más altos a favor de Verde Bonita (Apéndice II. Cuadro 2), encontrándose la mayor acumulación de biomasa en cosecha, con un valor promedio de $284,2 \text{ g m}^{-2}$, superando a Retaca en $54,8 \text{ g m}^{-2}$ (Figura 7A).

Respecto al factor DEH, las diferencias fueron significativas estadísticamente a lo largo de todo el periodo de crecimiento del cultivo, siendo la distancia de 20 cm entre hilera aquella que mostró mayores valores de materia seca, logrando $282,0 \text{ g m}^{-2}$ al momento de la cosecha, en comparación a $231,7 \text{ g m}^{-2}$ para la distancia de 35 cm en el mismo estado de desarrollo, con una diferencia de $72,1 \text{ g m}^{-2}$ promedio a lo largo de los estados de desarrollo (Figura 7B).

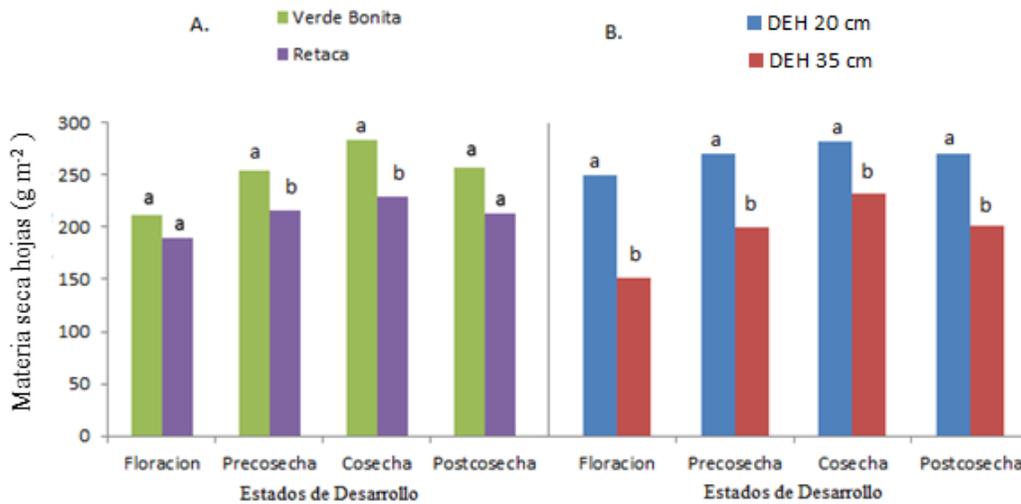


Figura 7. Materia seca de hojas según factor cultivar (A) y densidad (B), a lo largo de los estados de desarrollo. Letras diferentes, por cada estado fenológico de cada factor, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Materia seca de vainas

Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas a nivel del cultivar, alcanzándose los mayores niveles de biomasa durante la postcosecha del cultivo, con un promedio de $823,3 \text{ g m}^{-2}$ (Apéndice II, Cuadro 2).

Para el factor DEH, en cambio, se observaron diferencias significativas en todos los estados de desarrollo de las plantas (exceptuando floración, por no presentar vainas en este estado), logrando la distancia de 20 cm los mayores valores en postcosecha, con $969,5 \text{ g m}^{-2}$, en contraste con los $677,2 \text{ g m}^{-2}$ obtenida en la distancia de 35 cm entre hilera, siendo un 43% superior la DEH 20 cm (Figura 8).

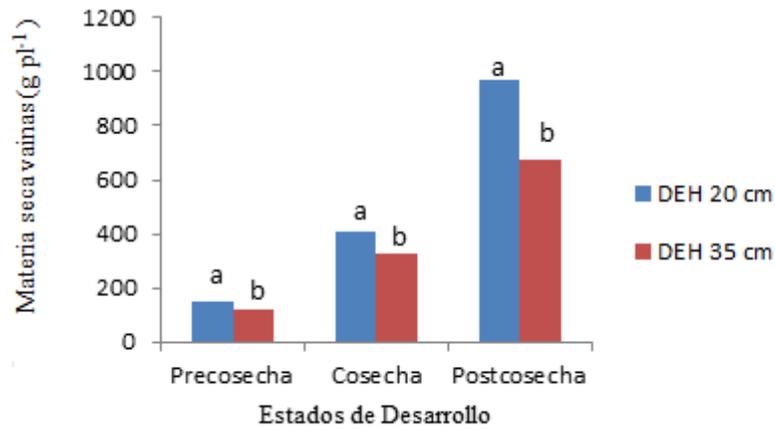


Figura 8. Materia seca de vainas según factor DEH a lo largo de los estados de desarrollo. Donde 35 equivale a un distanciamiento entre hileras de 35 cm y 20 representa una distancia entre hilera de 20 cm. Letras diferentes, por cada estado fenológico, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Rendimiento

Rendimiento comercial de vainas y granos verde

Si bien el rendimiento de vainas corresponde a todo lo cosechado, a la agroindustria le interesa solo lo productivo. Es por esto que se descompone el peso de vainas en vainas comerciales (vainas que presentan granos de entre 0,9 a 1,2 cm de diámetro ecuatorial) y de desecho, es decir, aquellas vainas cuyo grano no cumple con las medidas mencionadas anteriormente (Apéndice IV, cuadros 1 y 2).

Al analizar los datos, no se encontró interacción entre los factores, pero sí diferencias significativas para el factor DEH. El peso de las vainas comerciales correspondió al 92% del rendimiento de vainas totales (Apéndice III, Cuadro 1), donde DEH 35 cm alcanzó 38,6 g por planta, un 35,4% más que 20 cm (Cuadro 9).

El peso promedio alcanzado, según el factor cultivar, fue de 33,5 g por planta y 12.637 kg ha⁻¹, siendo mayor para Verde Bonita en ambos casos, pero sin representar diferencia significativa.

La industria de congelados se abastece de vainas verdes, a partir de las cuales extrae y congela los granos, vendiendo un producto mínimamente procesado, para dar facilidades a los consumidores a la hora de cocinar a los consumidores.

Al analizar el comportamiento de los granos (Apéndice III, Figura 2), no existió interacción entre los factores, pero sí diferencia significativa a nivel de densidad solo para los granos por planta (Cuadro 9). El rendimiento promedio de granos por cultivar fue de 11,8 g por planta y de 4.413 kg ha⁻¹, donde nuevamente se observa una mayor tendencia en Verde Bonita sobre Retaca.

Cuadro 9. Rendimiento de vainas y granos comerciales por planta y por hectárea según factor densidad entre hileras (DEH).

Factores	Rendimiento de vainas comerciales		Rendimiento de granos	
	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹
DEH				
35	38,6 a	11.043	13,9 a	3.961
20	28,5 b	14.231	9,7 b	4.865
Cultivar				
VB	37,1	14.091	12,8	4.766
R	30,0	11.184	10,8	4.059

Letras diferentes en sentido vertical por parámetro y factor indican que existen diferencias significativas. La ausencia de letras demuestra nula significancia. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Componentes del rendimiento de vaina y granos verdes

El número de vainas comerciales correspondió al 44% del número de vainas totales (Apéndice III. Figura 1 y Cuadro 2), donde solo se encontró diferencia significativa a nivel de densidad (Cuadro 10). El promedio de vainas fue de 4,3 unidades por planta (Apéndice III. Cuadro 3).

Cuadro 10. Número de vainas comerciales por planta y por metros cuadrados según distancia entre hileras (DEH).

Distancia entre hileras cm	Vainas comerciales	
	N° pl ⁻¹	N° m ⁻²
35	4,8	137,7 b
20	3,8	189,9 a

Donde N° (número), pl (planta) y m⁻² (metros cuadrados). Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

El peso promedio de una vaina comercial fue significativo para el factor cultivar, donde Verde Bonita superó en 2,1 g pl⁻¹ a Retaca (Cuadro 11).

Cuadro 11. Peso promedio de una vaina comercial según factores cultivar y densidad entre hileras.

Factor	Peso promedio de una vaina comercial g pl ⁻¹
Cultivar	
Verde Bonita	8,9 a
Retaca	6,8 b
DEH	
35	8,2 a
20	7,6 a

Donde DEH (densidad entre hileras), g (gramos) y pl (plantas). Letras diferentes en sentido vertical por factor, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

El rendimiento de granos verdes se puede descomponer en sus dos componentes; número de granos y el peso de estos. No se encontró interacción entre los factores ni significancia en los parámetros evaluados. En el Cuadro 12 se presentan los valores observados por cada parámetro. Respecto al número de grano por unidad de superficie (m^{-2}) si existió diferencia significativa en el factor DEH, obteniendo la distancia 20 cm 116,5 granos más que 35 cm (Cuadro 13). A nivel de cultivar, Retaca logró tan solo 2,3 granos más por metro cuadrado que Verde Bonita. Mayor detalle se presentó en el Apéndice III Cuadro 4.

Cuadro 12. Componentes del rendimiento de granos verdes.

Parámetros	Peso promedio de un grano g	Granos por vaina N° vaina ⁻¹	Granos por planta N° pl ⁻¹	Vainas por planta N° pl ⁻¹
Promedios	1,04	2,6	11,4	4,3

Donde g (gramos), N° (número) y pl (planta).

Cuadro 13. Número de granos promedio según factores densidad entre hileras (DEH) y cultivar (cv).

Factor	Granos N° m^{-2}
Cultivar	
Verde Bonita	428,3 a
Retaca	430,6 a
DEH	
35	371,2 b
20	487,7 a

Letras diferentes en sentido vertical por factor indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Rendimiento industrial

El rendimiento industrial es un parámetro obtenido entre la relación del peso total de granos respecto del peso total de vainas (comerciales) y determina que porcentaje, del total de vainas, corresponde a la parte congelable o económicamente útil. No existió interacción entre los factores ni diferencias significativas, siendo en promedio un 34,7% la proporción rentable (Cuadro 14).

Cuadro 14. Rendimiento industrial según factores.

Factor	Rendimiento industrial %
Cultivar	
Verde Bonita	33,5 a
Retaca	35,9 a
DEH	
35 cm	35,2 a
20 cm	34,2 a

Letras diferentes en sentido vertical por factor, indican que existen diferencias significativas.

Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Características agroindustriales

Uniformidad de calibre de granos y vainas

Los parámetros estudiados en esta categoría fueron: largo de vaina, ancho de vaina, largo de grano y ancho de grano. Ninguna de estas variables presentó interacción entre los factores pero si se obtuvo diferencia significativa a nivel de cultivar para el largo y ancho de vainas. Para ambos casos, Verde Bonita logró mayores valores, y, se observó una diferencia de 10,2% mayor en el caso del largo de las vainas (Cuadro 15). El coeficiente de variación respecto del largo de vaina fue mayor en Verde Bonita (1,7%), es decir, este cultivar produjo vainas con una mayor variabilidad en su largo. Al igual que con el ancho de la vaina, la diferencia fue de 1,4% mayor para Verde Bonita con respecto a su cultivar de contraste. Los promedios de ambos parámetros según el factor distancia entre hileras fueron de 9,2 cm de largo y 1,4 cm de ancho de vaina.

Cuadro 15. Promedios y coeficiente de variación de largo y ancho de vainas (cm) según factores.

Factores	Vainas			
	Largo cm	CV %	Ancho cm	CV %
Cultivar				
VB	9,7 a	13,8	1,4 a	10,2
R	8,8 b	12,1	1,3 b	11,6
DEH				
35	9,3	12,8	1,3	13,1
20	9,2	13,6	1,4	11,5

Donde VB (Verde Bonita), R (Retaca) y cm (centímetros). Letras diferentes en sentido vertical por parámetro o factor, indican que existen diferencias significativas. Ausencia de letras comprueba un no significativo. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

En el caso del ancho y largo de granos no se obtuvo interacción ni diferencia significativa entre los factores. El valor ancho de los granos se enmarca dentro del rango indicado como criterio de madurez (Cuadro 16) y los coeficientes de variación fueron bajos para cada uno de ellos, lo que indica que los parámetros medidos resultan ser uniformes (Apéndice V. Cuadro 1).

Valores tanto de vaina y de granos no se vieron afectados por las diferentes densidades de población, lo que hace suponer que la calidad de vainas y granos se mantuvieron constantes frente a dichos cambios, gracias al criterio de cosecha.

Cuadro 16. Medias y coeficiente de variación de largo y ancho de granos alcanzados durante la cosecha del cultivo.

	Granos	
	Largo	Ancho
Promedio	1,6	1,1
Coef variación	10,1%	2,1%

DISCUSION

La correcta elección de la densidad de siembra como manejo agrícola, podría mejorar la productividad del cultivo (Dantuma y Thompson, 1983), en especial, en habas de crecimiento determinado, ya que sus características morfológicas y fisiológicas al interactuar con el medio, incrementarían el rendimiento, garantizando otros aspectos del manejo, tales como la cosecha.

Los rendimientos alcanzados en este estudio, tanto de vainas como de granos a nivel de superficie, no mostraron diferencias entre los factores evaluados, promediando 12.637,3 kg ha⁻¹ de vaina y 4.412,8 kg ha⁻¹ de granos, datos concordantes a los alcanzados por Nadal y Moreno (2006), quienes describen rendimientos de vainas entre 7.000 y 12.000 kg ha⁻¹ en densidades de 17 y 33 pl m⁻², que son un poco más bajas a las de este estudio. Caballero (1987) por su parte, muestra que a densidades desde 10 a 50 pl m⁻², aumenta el rendimiento de grano de 4.600 a 5.200 kg ha⁻¹. En cuanto al rendimiento de granos y vainas por planta, se presentaron diferencias significativas, donde la distancia entre hilera de 35 cm (28,6 pl m⁻¹) generó valores más altos (Cuadro 9): 10,1 gramos de vainas por planta y 4,2 gramos de granos por planta más que la distancia sobre hilera de 20 cm (50 pl m⁻¹).

Los rendimientos obtenidos están asociados a la variación de los componentes del rendimiento que variaron significativamente en este estudio, como fueron el número de vainas comerciales m⁻², donde la distancia de 20 cm generó más vainas (Cuadro 10), por el hecho de existir más plantas por unidad de superficie. El distanciamiento de 20 cm entre hileras provocó competencia en las plantas y, por tanto, una menor producción de vainas por planta (Idris, 2008), pero al aumentar la superficie, la distancia de 20 cm entre hilera supera a la de 35 cm en 52,2 vainas m⁻², siendo significativo. Lo mismo ocurrió con el número de granos m⁻² (Cuadro 13), donde a una mayor densidad de población (50 pl m⁻² o DEH 20 cm) la cantidad de granos aumentó en 116,5 granos m⁻² en contraste al valor alcanzado a 35 cm (28,6 pl m⁻²). Por último, el peso de una vaina comercial por planta fue mayor para el cultivar Verde Bonita (Cuadro 12).

Kakiuchi y Kobata (2004) concluyeron que con el aumento de la densidad de plantación, decrece el número de vainas por planta, como ocurrió con DEH 20 cm en este estudio (Cuadro 10), donde la diferencia es de 1 vaina por planta, siendo no significativo. Los mismos resultados fueron encontrados por Pilbeam et al. (1991), que lograron mayor cantidad de vainas a menores densidades, donde 20, 30 y 40 pl m⁻² obtuvieron 16, 13 y 10 vainas por planta, respectivamente. A su vez, Aruta (2011), observó que a 20, 30 y 40 pl m⁻² se produjeron 9,0; 6,7 y 5,3 vainas, respectivamente. Por ende, las altas densidades influyen negativamente en el número de vainas por planta, ya que la mayor parte de ellas no serían productivas o no llegaron a término por abscisiones (Dahmardeh et al., 2010).

Otro factor que alteraría la producción de vainas por planta sería la interceptación de luz generada por la competencia entre plantas, donde a mayor número de plantas por superficie aumenta la competencia por interceptación de la radiación, por lo que también aumenta la tasa de crecimiento del cultivo, generando más materia seca (Hernandez y Orioli, 1982), pero, la partición de los asimilados no es la suficiente para generar mayor cantidad de vainas por planta donde se ve afectada la relación fuente/sumidero (Pilbeam et al., 1991b), donde hojas y partes aéreas fotosintéticamente activas serían fuente, y, vainas y granos los sumideros (López-Bellido et al., 2003). La competencia con otras plantas reduce la capacidad fotosintética, capacidad que se va haciendo menor al ir incrementando la densidad de población (Garay, 2014; Lara, 2015). Pero hay que detallar que se disminuye la productividad solo de forma individual, ya que al haber más plantas, como es el caso de la distancia entre hileras de 20 cm (Cuadro 10), la producción por hectárea se incrementa, logrando un equilibrio o densidad óptima de plantas (Garay, 2014), donde el número de vainas por metros cuadrado se ve favorecido en un 37% sobre la distancia entre hilera de 35 cm.

Existe una alta correlación entre la producción de biomasa y rendimiento (Steven et al. 2005; Robertson y Filippetti, 1991) en donde una mayor biomasa significa un mayor rendimiento, como se logra observar para distanciamiento de 20 cm en la Figura 8 y Cuadro 9. Además, Ruíz (2008) y Lara (2015) mencionan que al inicio de llenado de granos es cuando se puede estimar de mejor manera el rendimiento. En efecto, durante este estudio, la mayor producción de materia seca de vainas obtenidas a 20 cm entre hilera, se manifestó en el mayor rendimiento de vainas por hectárea (con una significancia del 90% -datos no tabulados-).

Respecto a las ramificaciones, Pilbeam et al. (1989b) plantean que en altas densidades, se producirían menos ramas, afectando mayormente a las secundarias (Figura 4 y Apéndice I Cuadro 3), lo cual contribuiría a que la planta evite producir ramas mayormente improductivas, efecto deseado en este tipo de manejos obtenidos en esta investigación. Concluye también que, al poseer menos nudos por planta, existirá un menor número de flores y por ende, de vainas por planta. A pesar de poseer menos nudos (Cuadro 7 y Apéndice I. Cuadro 4), estos fueron mayormente productivos o lograron llegar a término (el distanciamiento de 20 cm obtuvo en total, 4,7 ramas y 3,6 nudos, existiendo 1,3 ramas por nudo productivo, mientras que a 35 cm entre hilera de 5,6 ramas con 4,1 nudos, existieron 1,37 ramas por nudo productivo), evitando abortos florales y de vainas, lo que concuerda con Li y Yang (2014). Aunque también se puede deber al alto número de vainas inmaduras del total de vainas que fueron cosechadas en este estudio (Apéndice III. Figura 1, Apéndice IV. Cuadro 2) que, si se hubiera esperado más tiempo o determinando otro criterio de cosecha sobre el tamaño óptimo de los granos (por ejemplo, hacerlo más holgado), se lograría un mayor rendimiento al considerar los aportes de los granos que fueron desechados en estas mediciones. Además, Pilbeam et al. (1990), complementan que, la

planta establecida en alta densidad, al poseer menos ramificaciones, alcanzarán mayores alturas, y por tanto, las primeras vainas se encontraran a una mayor altura del suelo, haciendo posible la cosecha mecanizada (valores entre 10-18 cm) (López-Bellido et al., 2005; Ozveren, 2013), gracias a la plasticidad que poseen las plantas (Fisher et al., 1997). Sin embargo, mayores alturas harían susceptible a la planta de sufrir tendeduras (López-Bellido et al., 2005) por tener tallos débiles (Stringi et al., 1986). Sobre este punto, durante la realización de la memoria, no se observó tendedura, aunque, por otra parte, no se midió este parámetro por no corresponder al alcance de esta tesis (solo se observó que existe interacción de Verde Bonita a 35 cm de entre hilera alcanzando 9,35 mm del grosor del tallo principal en el Cuadro 5). Stringi et al. (1986) menciona que a densidades de 100 plantas por metro cuadrado hay un incremento en la tendedura.

El mayor número de granos por metro cuadrado (Cuadro 10) obtenido a DEH 20 cm (50 pl m⁻²) se debe a que las plantas produjeron más vainas por unidad de superficie (Cuadro 13). Sin embargo, Ozveren (2013) menciona que a bajas densidades se logra mayor cantidad de semillas, dado que existe una baja competencia entre plantas, promoviendo una mayor disposición a captar los recursos suministrados por el ambiente, aunque, en este caso, la distancia de 35 cm entre hileras estuvo 116,5 granos menos que DEH 20 cm (31,4%). Por otro lado, Day y Legg (1983) mencionan que el haba es capaz de compensar pérdidas del número de vainas mediante el incremento de masa de los granos, lo cual no se observa, sino que existe un incremento en el número de granos y no en su peso (Cuadro 12).

El peso de una vaina comercial (Cuadro 11) estaría relacionado con su calidad, donde largos y anchos mayores (Cuadro 15) contribuirían con el peso de las vainas (Cuadro 11) (Bozoglu et al., 2002), como obtuvo Briones (2009) y Soto (2009), donde el peso promedio de Verde Bonita fue de 6,75 g pl⁻¹ con 10,8 cm de largo y 1,2 cm de ancho de vaina, rangos parecidos a los conseguidos en este estudio (VB promedió 8,9 g pl⁻¹, con 9,7 cm de largo y 1,4 cm de ancho de vaina). Además, Soto (2009) vincula el mayor largo de vainas con el mayor número de granos por vaina que logra Verde Bonita sobre Retaca. Sin embargo, en este estudio, el número de granos por vaina fue similar para todos los tratamientos (Cuadro 12), a pesar de que existe una leve tendencia de 0,11 granos por vaina a favor de Verde Bonita (Apéndice III Cuadro 4). Por otro lado, Suso et al. (1993), atribuyen el largo de las vainas solo al genotipo que puede presentar el cultivar, tal como se observa en Cuadro 15. En tanto, Al-Riffae et al. (2004), atribuyen esta variación del ancho, al tamaño de las semillas contenidas en las vainas, pero en este caso, los granos fueron cosechados según un rango de calidad, descartando esta idea.

Finalmente, en base a lo mencionado, la distancia entre hilera de 20 cm genera efectos positivos sobre los componentes del rendimiento: dado su mayor densidad de población logra mayor cantidad de vainas y granos por superficie con menores ramificaciones y nudos improductivos, compensando el rendimiento, mostrando similitud con los resultados de

otros estudios, aunque no fuera significativo, pero con mayor tendencia, gracias al efecto compensatorio de poseen las plantas al estar en competencia por luz (López-Bellido et al., 2003) .

En tanto, el peso de las vainas según la densidad de población no varió en el largo ni ancho de vainas y granos. Sin embargo, el peso de las vainas según el cultivar Verde Bonita, si varía en la uniformidad de sus dimensiones, dando ejemplares más largos y anchos significativamente.

CONCLUSIONES

Dando respuesta a las hipótesis planteadas con anterioridad se concluye que:

Al aumentar la densidad de plantas en cultivares de haba de crecimiento determinado, se genera una menor producción de ramas, manteniendo el rendimiento por hectárea para ambas densidades.

El aumento de densidad de plantas en cultivares de haba de crecimiento determinado no genera diferencias significativas en la magnitud del tamaño de vainas y granos, pero si se observa, menor uniformidad en el largo y mayor uniformidad en el ancho de vainas.

BIBLIOGRAFÍA

Al-Riffae, M.; M. Turk y A. Tawaka. 2004. Effect of seed size and plant population density on yield and yield components of local faba bean (*Vicia faba* L. major). *International Journal of Agriculture and Biology*. 2: 294-299.

Aruta, M. 2011. Evaluación agronómica de la densidad de siembra en habas de crecimiento determinado (*Vicia faba* L. var. *major*), en Valdivia, Región de Los Ríos. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 53p.

Baginsky, C. 2008. Habas en Chile: nuevas alternativas para su producción hortícola. *Antumapu* 6: 11-15.

Baigorri, H. y L. Giorda. 1997. El cultivo de la soya en Argentina. Centro Regional Córdoba. Córdoba. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. 126p.

Bozoglu, H; A. Peksen; E. Peksen; A. Gulumser; G. Paroussi; D. Voyiatzis y 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 Horticulturae*. 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 Ingeniero Agrónomo, Mención Fitotecnia. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 64 p.

Caballero, R. 1987. The effects of plant population and row width on seed yield and yield components in field beans. *Res. Dev. Agric.* 4: 147-150.

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 Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agronómicas. Santiago, Chile. 44 p.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). Santiago, Chile. 1996. Estudio Agrológico de la Región Metropolitana. Descripción de Suelos y Materiales y Símbolos. CIREN N°115, 431p.

Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de los suelos del proyecto Maipo. Agrológ-Chile Ltda. Santiago. 802p.

Confalone, A. 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de Cropgro-Fababean. Tesis de Doctorado. Universidad de Santiago de Compostela, Galicia, España. 189p.

Dahmardeh, M.; M. Ramroodi y J. Valizadeh. 2010. Effect of plant density and cultivars on growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). *African Journal of Biotechnology*. Vol. 9 (50): 8643-8647.

Dantuma, G. y R. Thomspson. 1983. Whole crop physiology and yield components. In: P.D. Hebblethwaite (Ed). The faba bean (*Vicia faba* L.): A basis for improvement. Butterworth, London, UK. 143-158.

Day, W. y B. Legg. 1983. Water relations and irrigation response. In: P.D. Hebblethwaite (Ed.) The faba bean (*Vicia faba* L.): A basis for improvement. Butterworths, London, UK. 217-231.

Faiguenbaum, H. 1993. Producción de arvejas y habas para la agroindustria de congelados. *Agroeconómico*. 15: 29-35.

Faiguenbaum, H. 2003. Haba pp. 423-469. In: Labranza, Siembra y Producción de los principales cultivos de Chile. Ediciones Vivaldi y Asociados, Santiago, Chile. 760p.

FIA (Fundación para la Innovación Agraria). 2008. Habas “baby” buscan diversificar mercado de las hortalizas. Chile Potencia Alimentaria (04/07/2008). Disponible en: <http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/225483/Habas-baby-buscan-diversificar-mercado-de-las-hortalizas.html>. Leído el 4 de abril de 2012.

Fisher, A. 1997. Manejo integrado de malezas del arroz; interferencia entre las malezas y el arroz. En: Pantoja, A; A. Fisher; F. Correa-victoria; L.R. Sanint y A. Ramirez. 1997. MIP en arroz: manejo integrado de plagas; artrópodos, enfermedades y malezas. Colombia: Publicación CIAT. Vol 292. 142p.

Garay, C. 2014. La competencia entre plantas de maíz. [En línea].Revista TecnoAgro N°96. Avances Tecnológicos y Agrícolas. Recuperado en: <http://tecnoagro.com.mx/revista/2014/no-96/la-competencia-entre-plantas-de-maiz/>. Consultado el 4 de agosto de 2016.

Google Maps. 2012. Ubicación Geográfica exacta. Disponible en: <http://maps.google.com/?ll=-33.57032,-70.63761&z=17&t=h>. Leído el 7 de Abril de 2012.

Graf R. y G. Rowland. 1987. Effect of plant density on yield and components of yield of faba bean. *Canadian Journal of Plant Science*. 67(1): 1-10.

Hernández, L. y G. Orioli, 1982 Growth analysis of irrigated sunflower at two plant populations. Actas de la X Conferencia Internacional de Girasol, Australia, pp. 18-21

Idris A. 2008. Effect of seed size and plant spacing on yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). *Res. J. Agrc. & Biol. Sci.*, 4(2): 146-148.

Kakiuchi, J. y T. Kobata. 2004. Shading and thinning effects on seed and shoot dry matter increase in determinate soybean during the seed filling period. *Agron. J.* 96: 398-405.

- Li, X. y Y. Yang. 2014. A novel perspective on seed yield of broad bean (*Vicia faba* L.): differences resulting from pod characteristics. *Scientific reports*. Vol. 4.
- López-Bellido, F.J. y R. López-Bellido. 2003. La densidad de las plantas en el cultivo de las habas. *Agricultura: Revista agropecuaria*. N°849: 196-199.
- López-Bellido, F.J. y R. López-Bellido. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Europ. J. Agronomy*. 23: 359–378.
- Loss, S.; K. Siddique; R. Jettner y L. Martin. 1998. Responses of faba bean (*Vicia faba* L.) to sowing rate in Southwestern Australia. Part I: seed yield and economic optimum plant density. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 989–997.
- Matthews, P.; D. Carpenter; A. Smith y N. Fettell. 2001. Faba bean seeding rates for central and southern NSW. *Icarus*, 3, 0-94.
- Matthews, P.; E. Armstrong; C. Lisle; I. Menz; P. Shephard y B. Amstrong. 2008. The effect of faba bean plant population on yield, seed quality and plant architecture under irrigation in southern NSW. In: Proceedings of 14th Agronomy Conference 2008, 21-25 september 2008, Adelaide, South Australia. Global Issues. Paddock action. Edited by M. Unkovich. Adelaide, South Australia. 7p
- Nadal, S.; M. Moreno y J. Cubero. 2000. Nuevas variedades de habas de crecimiento determinado. *Agricultura*. 812: 108-109.
- Nadal, S.; M. Moreno y J. Cubero. 2004b. Registration of “Baraca” Faba Bean. *Crop Science*. 44 (5): 1864-1866.
- Nadal, S. y M. Moreno. 2006. Optimal population density of determinate growth habit Faba bean for immature pod production. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 71:1: 37-39.
- Nachi, N. y J. Le Guen. 1996. Dry matter accumulation and seed yield in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Agronomie*. 16:47-59.
- Ozveren, D. 2013. Optimal intra-row spacing for production of local faba bean (*Vicia faba* L., major) cultivars in the Mediterranean conditions. *Pak. J. Bot.* 45 (6): 1933-1938.
- Pilbeam, C.; P. Hebblethwaite y H. Ricketts. 1989. The response of determinate and semi-determinate faba bean varieties to different sowing dates in the spring. *Ann Appl. Biol.* 114, 377-390.
- Pilbeam, C.; G. Duc y P. Hebblethwaite. 1990. Effects of plant population density on spring-sown field bean (*Vicia faba*) with different growth habits. *Journal of Agricultural Science*. 114:19-33.

- Pilbeam, C.; P. Hebblethwaite; H. Ricketts y T. Nyongesa. 1991. Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter fields beans (*Vicia faba*). Part I: Yield and yield components. *Journal Agricultural Science*. 116:375-383.
- Pilbeam, C.; P. Hebblethwaite; T. Nyongesa y H. Ricketts. 1991b. Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field beans (*Vicia faba*). Part 2: growth and development. *J. Agric. Sci.* 116, 385–393.
- Poulain, D. 1984. Influence of density on the growth and development of winter field bean (*Vicia faba* L), pp: 159-167. In: Hebblethwaite P. D., T.C.K. Dawkins, M.C.Heath y G.Lockwood (Ed). *Vicia faba: Agronomy, Physiology and Breeding*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publishers, Netherlands. 316 p.
- Robertson, L. y A. Filippetti. 1991. Alternative plant types of faba bean. *CIHEAM-Options Mediterraneennes*. 10: 33-39.
- Ruiz, M. 2003. Alameda: un modelo estructural-funcional del cultivo de *Vicia faba* L. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. España. 274p.
- Ruiz, P. 2008. Caracterización de cultivares de *Vicia faba* L. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 66p.
- Salih, F.A., 1989. Effect of sowing date and plant population per hill on faba bean (*Vicia faba*) yield. *Fabis Newslett.* 23, 15–19.
- Santander, C. 2009. Evaluación técnica económica de “habas baby” producidas en la zona central de Chile. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 62p.
- Saxena, M.; S. Silim y A. Matar. 1991. Agronomic management of faba bean for high yields. *Options Méditerranéennes – Série Séminaires CIHEAM*. 10:91-96.
- Silim, S. y M. Saxena. 1993. Yield and water use efficiency of faba bean sown at two row spacings and seed densities. *Exp. Agric.* 29, 173–181.
- Soto, C. 2009. Evaluación de tres cultivares de haba (*Vicia faba* L.) tipo “baby” de crecimiento determinado, bajo dos fechas de siembra en la zona de Talagante. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile, 50 p.
- Steven, M., H. Egbert, R. van Nes y M. Roijackers. 2005. Growth limitation of *Lemma minor* due to high plant density. *Aquat. Bot.* 81: 245-251.
- Stringi, L.; R. Sarno; G. Amato y L. Gristina. 1986. Effects of plant density on *Vicia faba* L. *equine* and *Vicia faba* L. *minor* in a semi-arid environment in Southern Italy. *Fabis Newslett.* 15: 42-45.,

Suso, M.; M. Moreno; F. Mondragao-Rodriguez y J. Cubero. 1996. Reproductive biology of Vicia faba: Role of pollination condition. *Field Crops Research*. 46: 81-91.

APÉNDICES

Apéndice I

Cuadro 1. Número de ramas primarias y secundarias y sus respectivos porcentajes en relación al total de ramas por planta, según factor distancia entre hileras durante los estados de desarrollo.

DEH Cm	Ramas	Floración		Precosecha		Cosecha		Postcosecha	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
20	Primarias	2,5	91,0	3,8	81,8	4	74,8	3,9	67,7
	Secundarias	0,3	9,0	0,9	18,2	1,4	25,2	1,9	32,3
35	Primarias	2,7	94,5	4,2	75,9	4,9	69,8	4,2	62,4
	Secundarias	0,2	5,5	1,3	24,1	2,1	30,1	2,6	37,6

Cuadro 2. Ramas totales promedio por planta del cultivo.

DEH cm	Ramas	Total de ramas		Suma ramas primarias y secundarias
		N°	%	
20	Primarias	3,56	76,8	4,64
	Secundarias	1,08	23,2	
35	Primarias	4,03	72,3	5,57
	Secundarias	1,54	27,7	

Cuadro 3. Relación entre número de ramas primarias y secundarias.

Parámetro / Factor	Cultivar		Densidad entre hileras	
	VB	R	35 cm	20 cm
N° Ramas primarias	3,7 b	4,0 a	4,0 a	3,6 b
N° Ramas secundarias	1,3	1,4	1,5 a	1,1 b
N° Ramas Totales	5,0	5,3	5,6 a	4,6 b

Letras diferentes en sentido horizontal por factor, indican que existen diferencias significativas. Ausencia de letras representa un no significativo. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 4. Nudos en el eje central (primarios) según distanciamiento entre hileras.

DEH	Floración	Precosecha	Cosecha	Postcosecha
Cantidad (N°)				
35	1,4	3,0	3,4	3,5
20	1,3	3,2	3,2	3,3

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 5. Nudos en ramas (secundarios) según cultivar.

Cultivar	Floración	Precosecha	Cosecha	Postcosecha
Cantidad (N°)				
Verde Bonita	0,2	1,1	1,4	1,6
Retaca	0,2	1,1	1,4	1,5

Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apéndice II

Cuadro 1. Resumen de la evolución obtenida de materia seca individual (g pl^{-1}) por estado de muestreo según factor distancia entre hileras y cultivar.

MS	Floración			Precosecha			Cosecha			Postcosecha			
	DEH	R	H	V	R	H	V	R	H	V	R	H	V
35	5,19 a	5,31 a	-	5,78 a	6,95 a	4,21 a	6,75 a	8,09 a	11,33 a	3,99 a	7,05 a	5,31 a	
20	4,09 b	4,99 a	-	4,98 b	5,40 b	2,99 b	5,68 b	5,64 b	8,19 b	4,14 a	5,39 b	4,99 a	
Cultivar													
V. B.	5,01 a	5,38 a	-	5,93 a	6,73 a	3,66 a	6,45 a	7,68 a	10,16 a	4,23 a	6,93 a	5,38 a	
Retaca	4,26 b	4,93 a	-	4,83 b	5,63 b	3,54 a	5,98 a	6,05 b	9,35 a	3,90 a	5,51 a	4,93 a	

Donde MS (materia seca), DEH (densidad entre hileras en cm), V.B. (Verde Bonita), R (Materia seca de ramas), H (materia seca de hojas) y V (materia seca de vainas). Letras diferentes en sentido vertical por cada factor y estado indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 2. Resumen de la evolución obtenida de materia seca por unidad de superficie (g m^{-2}) por estado de muestreo según factor distancia entre hileras y cultivar.

MS	Floración			Precosecha			Cosecha			Postcosecha			
	DEH	R	H	V	R	H	V	R	H	V	R	H	V
35	148,5 b	152,0 b	-	165,3 b	199,2 b	120,4 a	192,4 b	231,7 b	323,3 b	114,0 b	201,1 b	677,2 b	
20	204,5 a	250,1 a	-	248,6 a	270,6 a	149,6 a	283,0 a	281,9 a	409,4 a	207,1 a	269,8 a	969,5 a	
Cultivar													
V. B.	192,1 a	211,9 a	-	229,7 a	254,3 a	136,9 a	246,8 a	284,2 a	375,0 a	166,5 a	257,4 a	798,7 a	
Retaca	161,0 b	190,1 a	-	184,2 b	215,5 b	133,1 a	288,6 a	229,4 b	357,7 a	154,7 a	213,4 a	848,0 a	

Donde MS (materia seca), DEH (densidad entre hileras en cm), V.B. (Verde Bonita), R (Materia seca de ramas), H (materia seca de hojas) y V (materia seca de vainas). Letras diferentes en sentido vertical por cada factor y estado indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apéndice II

Cuadro 3. Datos de materia seca (g m^{-2}) por repetición para la obtención de Materia Seca Total.

Trat	MS Ramas				MS Hojas				MS Vainas				Sumatorias totales por periodo				
	Flor	Prc	Cos	Postc	Flor	Prc	Cos	Postc	Flor	Prc	Cos	Postc	Flor	Prc	Cos	Postc	Promedio MS
T1 R35	123,2	131,0	188,2	86,4	123,4	148,1	151,0	156,2	0,0	116,7	230,5	634,3	246,5	395,8	569,7	876,9	522,2
	165,9	177,3	219,6	128,1	191,6	229,8	231,1	176,2	0,0	115,0	334,0	793,4	357,5	522,0	784,8	1097,7	690,5
	144,0	155,6	165,3	82,4	144,7	154,4	194,5	145,3	0,0	103,5	331,2	679,0	288,7	413,6	691,0	906,6	575,0
	125,8	143,0	167,6	138,4	142,0	181,3	204,2	180,8	0,0	128,7	264,8	755,0	267,9	453,0	636,6	1074,2	607,9
T2 VB35	192,0	193,3	203,6	139,6	140,9	212,8	323,8	344,9	0,0	161,3	303,2	953,5	332,9	567,4	830,5	1438,0	792,2
	180,2	187,0	193,3	111,5	172,7	260,8	270,0	199,6	0,0	151,6	431,9	740,2	352,9	599,5	895,2	1051,3	724,7
	133,3	188,8	215,9	117,7	162,1	220,7	232,1	206,4	0,0	96,1	358,9	442,3	295,3	505,6	807,0	766,5	593,6
	123,9	146,4	185,3	108,1	138,2	185,3	246,5	199,6	0,0	90,4	331,8	419,8	262,2	422,1	763,6	727,6	543,9
T3 R20	178,7	191,0	233,0	185,0	191,3	232,0	275,0	266,0	0,0	208,0	439,0	1155,0	370,0	631,0	947,0	1606,0	888,5
	224,0	259,0	313,8	221,0	285,0	301,0	290,0	289,0	0,0	118,0	415,0	956,0	509,0	678,0	1018,8	1466,0	917,9
	171,0	243,0	286,0	126,0	206,0	212,0	214,0	213,0	0,0	139,0	409,0	831,0	377,0	594,0	909,0	1170,0	762,5
	155,0	174,0	255,0	270,0	236,7	265,0	275,0	281,0	0,0	136,0	438,0	980,0	391,7	575,0	968,0	1531,0	866,4
T4 VB20	241,3	314,0	328,0	230,0	331,8	343,0	352,0	357,0	0,0	222,0	367,0	1078,0	573,2	879,0	1047,0	1665,0	1041,0
	247,0	290,0	298,0	195,0	301,7	312,0	323,0	316,0	0,0	141,0	351,0	1187,0	548,7	743,0	972,0	1698,0	990,4
	215,0	251,0	264,0	229,0	198,0	206,0	201,0	207,0	0,0	106,0	396,0	892,0	413,0	563,0	861,0	1328,0	791,3
	204,0	267,0	286,0	201,0	250,0	294,0	325,0	229,0	0,0	127,0	460,0	677,0	454,0	688,0	1071,0	1107,0	830,0

Donde T1 es el tratamiento 1 compuesto por R35 (Retaca a 35 cm) y así sucesivamente, MS (Materia Seca), Flor (Floración), Prc (Precosecha), Cos (Cosecha) y Postc (Postcosecha). En la sumatoria total por periodo se sumaron para Flor, las floraciones de MS Ramas, MS Hojas y MS Vainas, las que luego se promediaron en conjunto en la columna Promedio MS (y así para cada repetición).

Apéndice III

Cuadro 1. Peso de vainas totales por planta y por hectárea por cultivar y distancia entre hilera.

Factor	Rendimiento de vainas totales	
	g pl ⁻¹	kg ha
Cultivar		
Verde Bonita	41,5 a	15.597,8 a
Retaca	31,1 b	11.625,2 b
DEH (cm)		
35	42,2 a	12.073,0 a
20	30,3 b	15.149,9 a

Donde g (gramos), pl⁻¹ (plantas), kg (kilogramos), ha (hectárea) y cm (centímetros). Letras diferentes en sentido vertical por factor indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 2. Número de vainas totales (comerciales y desecho) por planta y por metros cuadrados según factores cultivar y densidad entre hileras (DEH).

Factor	Vainas totales	
	Nº pl ⁻¹	Nº m ⁻²
Cultivar		
Verde Bonita	9,3 a	355,9 a
Retaca	10,4 a	385,5 a
DEH (cm)		
35	11,3 a	321,6 b
20	8,4 b	419,9 a

Donde pl (planta), cm (centímetros) y m⁻² (metros cuadrados). Letras diferentes en sentido vertical indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

■ comerciales ■ inmaduras ■ sobremaduras

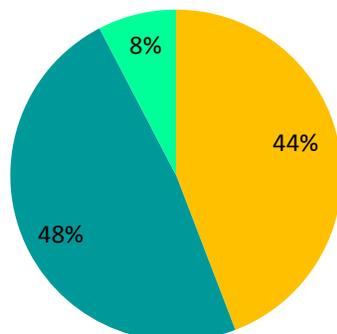


Figura 1. Número de vainas totales ($N^{\circ} m^{-2}$), expresadas en porcentaje, según las siguientes categorías: vainas comerciales, vainas de desecho inmaduras y vainas de desecho sobremaduras.

Cuadro 3. Número de vainas comerciales por planta y superficie para el factor cultivar.

Cultivar	Vainas comerciales	
	$N^{\circ} pl^{-1}$	$N^{\circ} m^{-2}$
Verde Bonita	4,19 a	159,36 a
Retaca	4,41 a	168, 2 a

Letras diferentes en sentido vertical por parámetro indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apéndice III

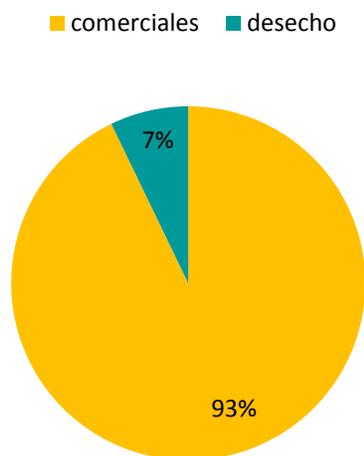


Figura 2. Rendimiento de granos (g m^{-2}), expresado en porcentaje, según las categorías de granos comerciales y granos de desecho.

Cuadro 4. Componentes del rendimiento de granos.

Factor	Peso de 1 grano g	Peso de 100 granos g	Granos por vaina $\text{N}^{\circ} \text{vaina}^{-1}$	Granos por planta $\text{N}^{\circ} \text{pl}^{-1}$
Cultivar				
Verde Bonita	1,11 a	111,4 a	2,69 a	11,24 a
Retaca	0,96 a	97,16 a	2,58 a	11,58 a
DEH (cm)				
35	1,08 a	109,06 a	2,68 a	12,99 a
20	1,00 a	99,50 a	2,59 a	9,75 a

Letras diferentes en sentido vertical por cada factor indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apéndice IV

Cuadro 1. Peso de vainas de desecho totales.

Factores	Vainas de desecho	
	g pl ⁻¹	kg ha ⁻¹
Cultivar		
Verde bonita		1.507,1 a
Retaca		441,2 b
DEH		
35		1.029,6 a
20		918,8 a
Interacción		
R35	1,08 b	
VB35	6,13 a	
R20	1,15 b	
VB20	2,53 b	

Letras diferentes en sentido vertical por factor, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Cuadro 2. Número de vainas de desecho inmaduras y sobremaduras por planta y por metro cuadrado.

Factor	Vainas inmaduras		Vainas sobremaduras	
	N° pl ⁻¹	N° m ⁻²	N° pl ⁻¹	N° m ⁻²
CV				
VB	4,06 b	155,15 b	1,08 a	41,40 a
R	5,56 a	202,01 a	0,41 a	15,28 a
DEH				
35	5,69 a	161,85 a	0,78 a	21,99 a
20	3,94 b	195,31 a	0,71 a	34,69 a

Donde N° (número), pl⁻¹ (planta) y m⁻² (metros cuadrados). Letras diferentes en sentido vertical por factor, indican que existen diferencias significativas. Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

Apéndice V

Cuadro 1. Medias y coeficiente de variación de granos verdes.

Factores	Granos			
	Largo cm	CV %	Ancho cm	CV %
Cultivar				
VB	1,6	9,9	1,1	3,1
R	1,6	10,2	1,1	3,5
DEH				
35	1,6	10,9	1,1	1,1
20	1,6	9,3	1,1	0,8

Donde CV (coeficiente de variación), cm (centímetros), % (porcentaje), VB (Verde Bonita), R (Retaca), DEH (Densidad entre hileras). Ausencia de letras resume la no significancia entre casos. . Prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$).

