



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Agronomía

Evaluación agronómica de la densidad de siembra en habas de crecimiento determinado (*Vicia faba* L. var. *major*), en Valdivia, Región de Los Ríos

Memoria presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Marcus Oliver Aruta Junk

Valdivia – Chile

2011

PROFESOR PATROCINANTE:

Rodrigo Acuña L.
Ing. Agr., Dr. Hort.
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal
Universidad Austral de Chile

PROFESORES INFORMANTES:

Cecilia Baginsky G.
Ing. Agr., Dr. Sc. Agr.
Departamento de Producción Agrícola
Universidad de Chile

Peter Seemann F.
Ing. Agr., Dr. Rer. Hort.
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal
Universidad Austral de Chile

INDICE DE MATERIAS

| Capítulo | | Página |
|-----------------|--------------------------------------|---------------|
| | ABREVIACIONES | 1 |
| | RESÚMEN | 2 |
| | ABSTRACT | 4 |
| 1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2 | REVISIÓN BIBLIOGRAFICA | 7 |
| 2.1 | Antecedentes generales | 7 |
| 2.1.1 | Características generales | 7 |
| 2.1.2 | Hábitos de crecimiento | 7 |
| 2.1.2.1 | Hábito de crecimiento determinado | 8 |
| 2.2 | Requerimientos edafoclimáticos | 10 |
| 2.2.1 | Temperatura | 10 |
| 2.2.2 | Tiempo térmico | 10 |
| 2.2.3 | Radiación | 11 |
| 2.2.4 | Requerimientos de suelo | 12 |
| 2.3 | Componentes del rendimiento | 12 |
| 2.3.1 | Número de plantas por unidad de área | 12 |
| 2.3.2 | Cantidad de vainas por planta | 12 |
| 2.3.3 | Cantidad de granos por vaina | 12 |
| 2.3.4 | Peso de los granos. | 12 |
| 2.4 | Densidad de plantas | 13 |
| 2.4.1 | Densidad de plantas en habas | 13 |
| 2.5 | Manejo agronómico | 14 |
| 2.5.1 | Fertilización | 14 |
| 2.5.2 | Enfermedades y plagas | 15 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.6 | Cosecha | 15 |
| 2.6.1 | Criterio de cosecha | 16 |
| 2.6.1.1 | Apreciación visual | 16 |
| 2.6.1.2 | Índice tenderométrico | 17 |
| 2.6.1.3 | Sólidos insolubles al alcohol (SIA) | 17 |
| 2.7 | Cultivo y mercado del haba en Chile. | 18 |
| 3 | MATERIAL Y MÉTODO | 19 |
| 3.1 | Material | 19 |
| 3.1.1 | Localización del ensayo | 19 |
| 3.1.2 | Aspectos climáticos | 19 |
| 3.1.3 | Suelo | 19 |
| 3.1.4 | Material vegetal | 19 |
| 3.2 | Método | 20 |
| 3.2.1 | Diseño experimental | 20 |
| 3.2.2 | Distribución de las parcelas en el campo | 20 |
| 3.2.2.1 | Densidad de siembra | 20 |
| 3.2.3 | Análisis estadístico | 21 |
| 3.2.4 | VARIABLES A EVALUAR | 21 |
| 3.2.4.1 | Biomasa | 22 |
| 3.2.4.2 | Tiempo térmico | 22 |
| 3.2.5 | Siembra | 22 |
| 3.2.6 | Fertilización y/o enmiendas | 23 |
| 3.2.7 | Manejo de malezas, plagas y enfermedades | 23 |
| 4 | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 24 |
| 4.1 | Comportamiento climático | 24 |
| 4.1.1 | Tiempo térmico (GDAC) | 25 |
| 4.2 | Biomasa peso fresco | 26 |
| 4.2.1 | Componentes del rendimiento | 27 |

| | | |
|-------|-------------------------|----|
| 4.2.2 | Rendimiento | 27 |
| 4.3 | Número de tallos | 28 |
| 4.4 | Índice de área foliar | 29 |
| 4.5 | Altura de planta | 31 |
| 4.6 | Biomasa peso seco | 34 |
| 4.7 | Índice de cosecha | 35 |
| 4.8 | Inflorescencia terminal | 36 |
| 5 | CONCLUSIONES | 37 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA | 38 |
| 7 | ANEXOS | 43 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Distancia sobre hilera y plantas por metro lineal utilizados en el ensayo | 23 |
| 2 | Comportamiento climático del período del ensayo | 24 |
| 3 | Tiempo térmico de acuerdo a las etapas de desarrollo del cultivo | 26 |
| 4 | Efecto de la densidad sobre los componentes del rendimiento | 27 |
| 5 | Rendimiento de granos y vainas bajo distintas densidades de siembra. | 28 |
| 6 | Largo de entrenudos y número de nudos por tallo en cosecha | 32 |
| 7 | Distribución del peso seco (g) en hojas, tallos y vainas en distintos estados y densidades por m ² . | 35 |
| 8 | Índice de cosecha a distintas densidades para materia verde y materia seca | 36 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Plantas de haba de crecimiento indeterminado (Izq.) y determinado (der.) | 9 |
| 2 | Distintas coloraciones del hilum de los granos de habas determinadas debido a distintos estados de madurez, la que en la figura aumenta de derecha a izquierda | 16 |
| 3 | Diseño del experimento en terreno | 21 |
| 4 | Climodiagrama en días después de siembra, desde siembra a cosecha | 25 |
| 5 | Reparto de biomasa bajo distintas densidades en madurez de cosecha. Valores sobre cada columna indican biomasa total | 26 |
| 6 | Número de tallos productivos, improductivos y totales dependiendo de la densidad, en estado fisiológico de cosecha | 29 |
| 7 | Variación del índice de área foliar (IAF) a lo largo del desarrollo fenológico, bajo distintas densidades (pl m^{-2}) | 30 |
| 8 | Variación de la altura de planta e inserción de la primera vaina en función de distintas densidades en madurez comercial | 31 |
| 9 | Plantas sembradas a distintas densidades (40, 30 y 20 pl m^{-2} de izquierda a derecha) | 32 |
| 10 | Variación de la altura de planta a en distintos estados fenológicos, para distintas densidades | 33 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo | | Página |
|-------|---|--------|
| 1 | Temperaturas y precipitaciones en la zona de Valdivia (promedios años 2000-2009) | 43 |
| 2 | Análisis de suelo del sector del ensayo | 43 |
| 3 | Número de tallos por superficie en cosecha | 44 |
| 4 | Nudo de inserción de la primera vaina | 44 |
| 5 | Comportamiento del largo de entrenudos a lo largo de los tallos | 44 |

ABREVIACIONES UTILIZADAS

| Abreviación | Significado |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| g cm^{-2} | Gramos por centímetro cuadrado |
| g cm^{-3} | Gramos por centímetro cúbico |
| GDAc | Grados día acumulados |
| IAF | Índice de Área Foliar |
| kg há^{-1} | Kilos por hectárea |
| kg m^{-2} | Kilos por metro cuadrado |
| L há^{-1} | Litros por hectárea |
| m^2 | Metro cuadrado |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| pl m^{-1} lineal | Plantas por metro lineal |
| pl m^{-2} | Plantas por metro cuadrado |
| pl^{-1} | Por planta |
| ppm | Partes por millón |
| $\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ | Megajoules por metro cuadrado al día |

RESUMEN

El cultivo del haba (*Vicia faba* L.) en el mundo ha tenido en el último tiempo un desarrollo lento, por la carencia de alternativas productivas reales. En Chile en particular, si bien es un cultivo que reviste importancia para la industria del congelado, no ha podido avanzar por razones de calidad y rentabilidad, problemas que están resueltos en otros cultivos hortícolas.

Es por eso que mediante la introducción de variedades de habas de hábito de crecimiento determinado, que son distintas a las variedades tradicionales, se ha intentado suplir estas deficiencias, agregando la posibilidad de una cosecha mecanizada. Especialmente en el sur de Chile sería de gran importancia, por el clima asociado a este cultivo.

Es por esto que en el presente estudio se busca establecer las condiciones de cultivo en la zona sur de Chile, específicamente la densidad de siembra.

Para lograr este objetivo se estableció un ensayo en la Estación Experimental “Santa Rosa” (Valdivia), perteneciente a la Universidad Austral de Chile, en el que se evaluaron tres cultivares de habas de crecimiento determinado: “Retaca”, “Alargá” y “Verde Bonita”, bajo tres densidades de siembra: 20, 30 y 40 pl m⁻².

Se utilizó un diseño de arreglo factorial de tres factores (3x3x3), utilizándose un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%. El primer factor fueron distintas fechas de siembra, el segundo factor los distintos cultivares y el tercer factor las distintas densidades de siembra.

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas sólo entre las densidades extremas en los parámetros productivos, obteniendo un rendimiento de granos de 1,03 kg m⁻² (20 pl m⁻²), 1,14 kg m⁻² (30 pl m⁻²) y 1,22 kg m⁻² (40 pl m⁻²). En el caso de las vainas se obtuvo 2,36 kg m⁻² (20 pl m⁻²), 2,57 kg m⁻² (30 pl m⁻²) y 2,69 kg m⁻² (40 pl m⁻²).

Dentro de los componentes del rendimiento, el determinante de estas variaciones fue el número de vainas por planta, disminuyendo a medida que aumentó la densidad, siendo compensado el rendimiento por el mayor número de plantas por superficie. El número de granos por vaina y el peso por grano se mantuvieron estables.

La altura de inserción de la primera vaina aumentó junto con el aumento de densidad, insertándose a 30,3 cm a 20 pl m⁻² y a 39,5 cm a 40 pl m⁻², lo que

comparado con habas de crecimiento indeterminado, permitiría la cosecha mecánica.

Los resultados obtenidos demostraron superioridad en comparación con otras variedades tradicionales utilizadas en la zona y el mundo, convirtiéndolas en una alternativa viable para tornar más competitivo el sector hortícola del sur de Chile.

ABSTRACT

Around the world the cropping of faba bean (*Vicia faba* L.) has had, in recent times, a slow development, due to the lack of real productive alternatives. In Chile in particular, even though it is a crop that is important for the frozen foods industry, it has been unable to move forward for reasons of quality and profitability, problems that have been solved in other vegetable crops.

That's why these deficiencies have tried to be compensated with the insertion of faba beans with a determined growth habit, different from traditional cultivars, adding the possibility of mechanical harvesting. Especially in southern Chile it would be of great importance because of the appropriate climate for this crop.

The objective of this study is to establish cultivation conditions in southern Chile, specifically the seeding density.

To achieve this, a trial was conducted at the Universidad Austral de Chile's "Santa Rosa" Experimental Station (Valdivia). There, three determined growth habit faba bean cultivars were evaluated: "Retaca", "Alargá" y "Verde Bonita" and under three plant densities: 20, 30 and 40 pl m⁻²

A three-factor arrangement design (3x3x3) was used with an analysis of variance at 95% confidence level. The first factor was the different seeding dates, the second factor different cultivars and the third factor different plant densities.

Statistically significant differences were found only among the extreme densities of the production parameters, resulting in a grain yield of 1.03 kg m⁻² (20 pl m⁻²), 1.14 kg m⁻² (30 pl m⁻²) y 1.22 kg m⁻² (40 pl m⁻²). In the case of the pods it was 2.36 kg m⁻² (20 pl m⁻²), 2.57 kg m⁻² (30 pl m⁻²) y 2.69 kg m⁻² (40 pl m⁻²).

Among yield components, the determinant of this variation was the number of pods per plant, decreasing as the density increased, the yield could be compensated by a greater number of plants per area. The number of grains per pod and grain weight remained stable.

The height of first pod insertion increased along with increasing density, being inserted at 30.3 cm at 20 pl m⁻² and at 39.5 cm at 40 pl m⁻², which compared with indeterminate growth habit faba beans is greater, allowing mechanical harvesting.

The results showed the superiority compared with other traditional cultivars used in the area and the world, making it a viable alternative to turn the horticultural sector of southern Chile more competitive.

1 INTRODUCCIÓN

En Chile y como casi en todo el mundo, los cultivares de haba (*Vicia faba* L.) usados tradicionalmente presentan crecimiento indeterminado, lo que implica altos costos en mano de obra, ya que la cosecha debe llevarse a cabo de forma manual o de forma mecanizada, pero asumiendo grandes pérdidas. Además, esto conlleva, para el caso de la agroindustria, problemas de calidad del producto, debido a su heterogeneidad, ya que en un mismo instante existen vainas de distinto grado de madurez en una misma planta. Una solución a esta problemática puede ser el uso de cultivares de crecimiento determinado, que permiten unificar la cosecha, la que además puede ser mecanizada, con alto grado de homogeneidad en la maduración. Evidentemente una cosecha unificada en cultivares de esta naturaleza, garantizarían una calidad mayor, al producirse el llenado total de sus granos en un período de tiempo más corto (en menos nudos) que en los indeterminados.

Considerando las ventajas anteriores para los cultivos determinados, un grupo de investigadores introdujeron a nuestro país a mediados de la década pasada, tres cultivares de haba de crecimiento determinado, los cuales fueron evaluados agronómicamente en la zona centro del país, no llegando a establecer ensayos en la zona Sur, la que se sabe presenta condiciones favorables para el desarrollo de esta especie. Por esta causa y con el ánimo de promover una mayor competitividad y oportunidades para el sector hortícola de la zona sur del país, se buscó expandir los resultados de la iniciativa original por medio del proyecto DID-UACH (S-2009-68) “*Evaluación agronómica de nuevos germoplasmas de haba (Vicia faba L.) tipo determinados (Baby) con potencial agroindustrial para la región de Los Ríos*”, que busca precisamente conocer acerca del comportamiento de estas habas en la zona. Para cualquier estudio de carácter agronómico en nuevas especies o cultivares hortícolas introducidos en una zona determinada, es necesario analizar entre otras cosas, la fecha de cultivo y densidad de plantas. Respecto a este último factor, la literatura resalta su importancia argumentando amplia variabilidad de comportamiento según el lugar de cultivo.

Por lo anterior, el presente ensayo enmarcado en el proyecto ya mencionado, pretende como objetivo general, evaluar desde el punto de vista de la densidad de siembra el comportamiento agronómico, utilizando tres cultivares de habas sembrados en diferentes fechas para las condiciones agroclimáticas de Valdivia.

Se plantea como hipótesis que las diferentes densidades de siembra no afecta los parámetros productivos asociados a los componentes del rendimiento en habas de crecimiento determinado, bajo las condiciones de cultivo de la zona de Valdivia.

Para lograr lo anterior, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a) Determinar entre tres densidades de siembra, la que permita alcanzar el mayor rendimiento agronómico en habas determinadas.
- b) Establecer la variabilidad de los componentes del rendimiento y la biomasa asociados a los marcos de siembra.
- c) Asociar la respuesta del cultivo a la influencia de factores medioambientales.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales

2.1.1 Características generales.

El haba (*Vicia faba* L.) es una especie leguminosa anual, originaria de Europa y Asia. Esta especie se subdivide en tres variedades: *minor*, *equina* y *major* (DUKE, 1981). Se reproduce por semilla, presentando las plantas un crecimiento erecto, llegando a tener tallos que crecen hasta los 1,5 m de altura, siendo éstos angulosos, huecos y ramificados. Las hojas son alternas, compuestas y tienen foliolos ovales-redondeados, de coloración verde. Las flores son axilares, agrupadas en racimos cortos de dos a ocho flores (CEDEÑO, 2007).

Según TÂMAS (1998), la variedad *minor* presenta semillas ovaladas y suaves, con vainas cortas que poseen dos o tres óvulos. La variedad *equina* presenta semillas aplanadas lateralmente, de 0,4 a 0,6 g de peso cada una, con vainas largas conteniendo tres a cuatro óvulos. La variedad *major* en tanto, presenta semillas aplanadas y alargadas, con pesos sobre 1 g, teniendo vainas largas, con cuatro a cinco semillas, siendo ésta una de las de mayor uso hortícola (FAIGUENBAUM, 2003). Para la producción de estas mismas, se han desarrollado los cultivares de hábito de crecimiento de determinado e indeterminado.

2.1.2 Hábitos de crecimiento

El haba es una especie que presenta en forma natural crecimiento indeterminado, lo que significa que la planta, luego de iniciada la floración, continúa produciendo nudos reproductivos sobre el tallo principal, con lo que se produce una maduración escalonada de las vainas en la planta. Las plantas pueden llegar a crecer hasta dos metros. Éste es un gran problema, debido a que es muy difícil la determinación del momento más apropiado para la realización de la cosecha, ya que en un mismo momento se encuentran vainas en óptimo estado de madurez, vainas sobremaduras e inmaduras, siendo muy fácil que estas últimas sufran daños por la terneza de sus granos. Esto a su vez afecta la calidad del producto final, en términos de uniformidad en el sabor y terneza (NADAL *et al.*, 2000 a y b).

Además, según ROBERTSON y FILIPETTI (1991), al igual que otras leguminosas, la gran competencia por asimilados, el fuerte aborto floral y caída de vainas recién formadas genera un bajo índice de cosecha, el cual fluctúa entre 0,3 y 0,35, frente a un índice de 0,6 a 0,65 de los cereales.

2.1.2.1 Hábito de crecimiento determinado

El hábito de crecimiento determinado se puede observar en varias leguminosas de grano, producidas tanto por mutaciones espontáneas, como por mutagénesis. En lupino se observa en plantas que en una determinada etapa de su ciclo reproductivo las yemas vegetativas florecen, evitando un mayor crecimiento vegetativo a través de tallos laterales. En arveja, poroto, soja y haba, se caracteriza por la etapa floral de los tallos (HUYGHE, C. 1998). Similar comportamiento se observa en algunas especies de cereales, como el trigo (*Triticum spp.*) donde el crecimiento vegetativo del tallo es finalizado con un ápice terminal reproductivo (LINK, 2009).

En la década de los '60 en Suecia, SJÖDIN (1971) observó dentro de un programa de mejoramiento de habas la aparición de plantas que se caracterizaban por tener una inflorescencia terminal en el ápice del tallo. Las plantas presentaban un desarrollo normal hasta el tercer o cuarto nudo reproductivo, luego de lo cual cesaba el crecimiento del tallo, transformándose en un pedúnculo con una inflorescencia. Además se producían uno o más tallos laterales, presentando el mismo crecimiento anormal que el tallo principal, tal como se aprecia en la Figura 1. A esta mutación se le abrevió con el término "ti" (*terminal inflorescence*, o inflorescencia terminal). STEUCKARDT (2008) agrega que cuando se descubrió el mutante, se le consideró como una "curiosidad interesante", introduciéndose esta característica en los programas de selección y cruzamiento, con lo que se produjo la primera variedad, llamada "Ticol". Como resultado, en los 20 años siguientes se desarrollaron a partir de otros programas de mejoramiento 6 variedades (*Tinova*, *Fritel*, *Tigo*, *Tisesta*, *Tina* y *Titabo*). Muchas de las variedades fueron comercializadas en Inglaterra, Alemania y Austria.

En esa época se realizaron numerosos estudios e investigaciones respecto de habas de crecimiento determinado y las distintas variedades, aunque LINK (2009) indica que a fines de la década de los '90 ya no figuraban variedades de habas de crecimiento determinado en los registros de variedades. Según ROBERTSON y FILIPPETTI (1991) esto se atribuye principalmente a los bajos rendimientos respecto de variedades tradicionales.

En investigaciones recientes, NADAL *et al* (2004b) indican que se introdujo el mutante *ti* en variedades mediterráneas de crecimiento indeterminado de uso actual, creándose los cultivares "Retaca", "Alargá" y "Verde Bonita", habiéndose registrado como variedad actualmente "Retaca" (NADAL *et al*, 2004a). Estos

cultivares han demostrado tener una producción de vainas inmaduras superior a algunas de las variedades indeterminadas cultivadas, como “Reina Blanca” (NADAL *et al*, 2006). Además, ACUÑA¹ (2011, Com. Pers.) agrega que estas variedades demuestran una calidad superior respecto a la testa y relación de sólidos insolubles en estados de madurez más avanzada que variedades tradicionales.



FIGURA 1 Plantas de haba de crecimiento indeterminado (izquierda) y determinado (derecha) FUENTE: Adaptado de SJÖDIN (1971).

La presencia de una inflorescencia como ápice terminal genera además cambios morfológicos en la planta, como un menor tamaño de la planta, disminuyendo el número de nudos por tallo y desarrollando una estructura de la canopia distinta a las habas de crecimiento indeterminado, al producir un gran número de ramas secundarias por planta siendo éstas reproductivamente inferiores respecto del tallo principal (PILBEAM y HEBBLETHWAITE, 1990).

¹ Prof. Rodrigo Acuña L. Inst. Prod. Vegetal, Universidad Austral de Chile

Debido a que en los cultivares determinados el crecimiento vegetativo se detiene, da paso a que las vainas se desarrollen y maduren en forma conjunta (NADAL *et al.*, 2000b), lo que concentra en un mismo tiempo la producción, dando una mayor homogeneidad en el desarrollo de la vaina en la planta. Esto hace posible la cosecha mecanizada de manera más eficiente (NADAL *et al.*, 2004b). Además, la mayor altura donde se insertan las primeras vainas es de importancia para que la mesa de trabajo de las cosechadoras mecánicas puedan cosechar la totalidad de vainas producidas.

2.2 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.1 Temperatura

Según BRAVO y ALDUNATE (1987), esta especie logra un buen desarrollo en climas frescos (8-15°C) y de media a alta humedad relativa (70-80%). El rango de temperaturas óptimas es entre 15-25°C, siendo la temperatura base 5°C, aunque existen referencias sobre valores menores, llegando incluso a 0°C. Así también, ELLIS *et al.*(1988) citado por PATRICK y STODDARD (2010), agregan que la temperatura óptima para la floración y cuaja se sitúa entre los 20 y 25°C, pudiendo ser este óptimo más bajo en algunos germoplasmas adaptados a climas más fríos (TURPIN *et al.*, 2002, citado por PATRICK, y STODDARD, 2010). Así lo indican FRUSCIANTE y MONTI (1980), señalando que para el período de floración el rango de temperaturas óptimas es de 15 a 18°C, mientras que temperaturas sobre 21°C llevarían a una inducción de aborto floral debido a la incapacidad de desarrollar el tubo polínico, junto con afectar la actividad de algunos insectos polinizadores. Temperaturas sobre los 25°C llevarían a inducir una floración anticipada, con lo que se disminuye la acumulación de materia seca y por lo tanto, el rendimiento final también se ve afectado (BRAVO y ALDUNATE, 1987). Efectos similares pueden darse además, ante situaciones de *stress* hídrico (FRUSCIANTE y MONTI, 1980). Por su parte SOBRINO (1992), complementa y menciona que el haba soporta temperaturas de hasta 4°C bajo cero en estado vegetativo, mientras que si ocurren en estado reproductivo, puede inducir aborto floral y pérdida de vainas nuevas.

2.2.2 Tiempo térmico

Si bien existen algunos estudios sobre cultivares determinados, estos especifican la duración de los estados fenológicos en días y no unidades térmicas (PILBEAM *et al.*, 1991, NADAL, *et al.* 2005), por lo que se hace difícil poder comparar los resultados de uno y otro ensayo. Para estudiar este efecto con más detención, en Chile se han hecho trabajos en estos cultivares en la zona central (RUIZ, 2008;

BRIONES, 2009), donde se determinó, que con una temperatura base de 5°C, la cosecha en verde se lograba a los 828,8 GDAc, mientras que BRIONES (2009) determinó que se lograba con 731,8 GDAc. Si bien se observan diferencias entre ambos estudios, estos se debieron al momento de cosecha según el objetivo productivo (baby -para conservas-, congelado o consumo en fresco), por lo que el criterio de cosecha juega un papel preponderante, ya que considera estados de desarrollo del fruto diferenciados, no encontrándose en la literatura información sobre índices de cosecha en fresco que permitan comparar los valores de tiempo térmico.

2.2.3 Radiación

La radiación solar es un determinante del crecimiento de un cultivo, ya que no sólo es la fuente de energía para la fotosíntesis propiamente tal, sino también afecta directamente otros factores que también determinan el crecimiento, como la temperatura. Bajo condiciones de exceso de radiación, el efecto en la producción de biomasa es despreciable (LOOMIS y CONNOR, 2002). A medida que aumenta la latitud, aumenta también la variabilidad de la radiación a lo largo del año, tanto por los distintos ángulos de incidencia como por la duración de esta en el día. Esto conlleva efectos en la acumulación de biomasa y por consiguiente en el rendimiento. Si bien a menores latitudes existe una mayor radiación disponible, es la temperatura junto a otros factores como la precipitación y características varietales las que inciden en estas diferencias, lo que lleva a que los cultivos se adapten mejor de acuerdo a regiones específicas (IRRI, 1983).

En el caso de las habas, y debido a que es sensible a altas temperaturas, la radiación que puede interceptar a mayores latitudes como el sur de Chile, es menor sobre todo en épocas otoñales e invernales. En la zona central, zona tradicional del cultivo de habas, si bien existe una mayor radiación (10,5 MJ m⁻² día⁻¹ en Agosto y 25,6 MJ m⁻² día⁻¹ en Diciembre en la Región Metropolitana) que en la zona sur (5,5 MJ m⁻² día⁻¹ en Agosto y 22,1 MJ m⁻² día⁻¹ en Diciembre en Valdivia) (CIREN, 1997), las condiciones climáticas favorecen su desarrollo, principalmente el régimen de temperaturas que fluctúa en promedio entre 8,16 y 15,9°C mensual entre los meses de Agosto a Diciembre, que es la época donde normalmente se desarrolla este cultivo en la zona. Además el nivel de precipitaciones (2.514 mm anuales), evita la existencia de estrés hídrico (fuente: Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, años 2000 - 2009. Datos no publicados)

2.2.4 Requerimientos de suelo

El haba es dentro de las *Fabáceas* de grano una de las especies que presenta mayores exigencias en cuanto a suelo, afectando el rendimiento en suelos deficientes (FAIGUENBAUM, 2003).

Aunque se adapta a distintos tipos de suelo, de preferencia deben ser profundos, con contenido de arcilla pero con drenaje, ya que es una especie sensible al anegamiento. La densidad de los suelos debe fluctuar en el rango de los 1,20 a 1,35 g cm⁻³. (BIANCO, 1990). Respecto a las condiciones de acidez, BRAVO y ALDUNATE (1987), mencionan que el rango de pH óptimo fluctúa entre 5,5 y 7.

2.3 Componentes del rendimiento

El rendimiento en habas es el resultado del producto del número de plantas por superficie y cuatro componentes de la planta: Número de nudos reproductivos por planta, cantidad de vainas por nudo reproductivo, cantidad granos por vaina y peso por grano. Estos cuatro componentes varían al haber cambios en las densidades. (THOMPSON y TAYLOR, 1977). Si bien bajo el punto de vista del mejoramiento genético son de relevancia los componentes mencionados, los componentes del rendimiento primarios, y bajo el punto de vista agrícola son de interés el número de plantas por área, cantidad de vainas por planta, número de granos por vaina y peso por grano. (GRAF y ROWLAND, 1987)

2.3.1 Número de plantas por unidad de área o densidad (plantas por m² o hectárea por ejemplo). En general es determinado en función del cultivar, tipo de suelo y época de siembra, entre otros y de acuerdo al de rendimiento que se desea obtener.

2.3.2 Cantidad de vainas por planta. Según ROBERTSON y FILIPETTI (1991), este componente del rendimiento es el que mayor correlación presenta con el rendimiento en habas y también la mayor variabilidad. Se influencia mayoritariamente al variar el acceso a los recursos de la planta, esto es principalmente variando la densidad (LÓPEZ-BELLIDO *et al*, 2005).

2.3.3 Cantidad de granos por vaina. Según THOMPSON y TAYLOR (1977), el número de semillas o granos por vaina es poco afectado por factores ambientales, indicando GRAF y ROWLAND (1987) que no se observa variabilidad a diferentes densidades, lo cual atribuye NEWTON (1979), citado por LÓPEZ-BELLIDO *et al*. (2005) a una determinante genotípica, de alta heredabilidad.

2.3.4 Peso de los granos. Este componente tampoco es muy afectado por distintas densidades de siembra, pues tiene una baja heredabilidad, tal como lo

afirman varios autores citados por LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (2005), aunque en condiciones ambientales extremas como la sequía puede observarse una disminución del peso de grano a altas densidades (RIFAEE *et al.*, 2004)

2.4 Densidad de plantas

En toda comunidad ecológica se establece que existe una competencia cuando el acceso a los recursos se encuentra en forma limitada, generando interacciones entre los individuos. En las plantas, el índice de área foliar, interceptación de luz y tasa de producción son características de la comunidad en su conjunto. Dentro de las variables que controlan las interacciones se encuentra la densidad y tamaño de la planta.

Cuando se inicia el crecimiento, en estado de plántula, hay muy poca o nula interacción entre las plantas, debido a su pequeño tamaño. A medida que avanza el crecimiento, se produce una superposición tanto de forma aérea como subterránea, lo que genera modificaciones en las tasas de crecimiento y morfología y arquitectura de las plantas, lo que se ve acrecentado con aumentos en la densidad (LOOMIS y CONNOR, 2002). También es planteado esto por LÓPEZ-BELLIDO *et al.* (2005), quienes agregan que esto produce variaciones en el rendimiento, siendo el factor de mayor importancia el acceso a la radiación solar por la planta.

2.4.1 Densidad en habas

Existe bastante información sobre densidades de siembra óptimas que permiten un rendimiento máximo en plantas de crecimiento indeterminado, que van desde 4 hasta incluso 40 pl m⁻². Sin embargo, hay relativamente poca información sobre el comportamiento de los cultivares de crecimiento determinado, especialmente para aplicaciones agroindustriales (NADAL y MORENO, 2006).

Según STÜTZEL y AUFHAMMER (1991b), las habas de crecimiento determinado generalmente presentan rendimientos inferiores a los cultivares indeterminados frente a una misma densidad de plantas. Esto se debe a que las primeras producen un menor número de vainas por planta, lo que está muy correlacionado con el rendimiento final por superficie. (NADAL *et al.*, 2005). Lo anterior, promueve el criterio de siembra en altas densidades poblacionales para compensar el déficit, lográndose uniformar la cantidad de grano con respecto a las indeterminadas (NADAL *et al.*, 2005).

NADAL y MORENO (2006), estudiaron la densidad óptima para tres cultivares de habas de crecimiento determinado (Alargá, Verde Bonita y Retaca), comparándolos con un cultivar indeterminado (Reina Blanca). Se concluyó, que a medida que se

aumentaba la densidad de plantas, aumentaba el rendimiento de vainas en peso. Además, se estableció que a una misma densidad poblacional entre tipos de crecimientos de habas (de 11 a 33 pl m⁻²), los cultivares determinados tenían rendimientos superiores al cultivar indeterminado.

La planta de haba sufre distintas modificaciones morfológicas al variar la densidad. Es así como ALARCÓN (1985), estableció en plantas de crecimiento indeterminado que a medida que se aumentaba la densidad, aumentaba la altura de planta. Esto es afirmado también para el caso de plantas de crecimiento determinado por BRIONES (2009) en donde a una densidad de 29 pl m⁻² las plantas tuvieron una altura de 64 cm, mientras que a una densidad de 20 pl m⁻² sólo 58,5 cm, en estado de precosecha. Esto se debe principalmente a la competencia por la luz, ya que las hojas inferiores reciben menor radiación solar (LOOMIS Y CONNOR, 2002).

En cuanto al número de ramas secundarias producidas, STÜTZEL Y AUFHAMMER (1991a), mencionan que a diferentes densidades no hay diferencias, siendo la mayoría de las ramas secundarias sólo vegetativas y de pequeño tamaño en habas determinadas. Esto contrasta con los resultados de BRIONES (2009), quien afirma que sí hay diferencias, produciendo más ramas secundarias a menores densidades.

2.5 Manejo agronómico

2.5.1 Fertilización

La fertilización en todos los cultivos es un factor determinante del desarrollo y por lo tanto del rendimiento a alcanzar, sin embargo en el caso de la mayoría de las leguminosas, no existe una respuesta intensa a variados niveles de fertilización (BRAVO y ALDUNATE, 1987), habiéndose observado incluso, decrementos productivos por aplicaciones nitrogenadas (KRARUP, 1983; DOMMERGUES *et al.*, 1985), lo cual atribuye FILECK (1997), a que altas dosis de nitrógeno inhiben la capacidad que tienen las bacterias simbióticas de fijar este elemento.

Según FAIGUENBAUM (2003), el haba fija aproximadamente 135 Kg ha⁻¹ de nitrógeno, equivalente al 70% del contenido de nitrógeno de la planta, por lo que sería necesario aplicar sólo 25 unidades de nitrógeno por hectárea al momento de siembra y 30 unidades en post floración. El mismo autor menciona que los niveles de fósforo deben corregirse si el suelo presenta menos de 11 ppm de P₂O₅ (Olsen), mientras que los niveles de potasio deben corregirse si son inferiores a 100 ppm de K₂O. Por otra parte, SAXENA *et al.* (1991) menciona que una fertilización de 50

unidades de P₂O₅ sería la más adecuada para el cultivo de haba, siendo el nivel crítico a un contenido de fósforo Olsen inferior a 5,5 ppm en el suelo.

La fertilización debe realizarse a 5 cm de profundidad, a un lado de la semilla, sin entrar en contacto con ella (BRAVO y ALDUNATE, 1987).

2.5.2 Enfermedades y plagas

Según GIACONI y ESCAFF (1993), las enfermedades que mayormente afectan al cultivo de habas son *Botrytis fabae*, *Erysiphe polygoni* y *Uromyces fabae*.

DOUSSOLIN (2010), indica que en un estudio realizado en la zona de Valdivia en época de Primavera-Verano, los hongos patógenos que incidieron en el cultivo de habas determinadas fueron *Botrytis fabae*, *Botrytis cinerea*, *Uromyces viciae-fabae* y *Sclerotinia sclerotiorum*, siendo las dos primeras las de mayor incidencia en estadios tempranos del cultivo, mientras que *Uromyces viciae fabae* presentó mayor incidencia hacia el final del cultivo, no detectándose diferencias significativas en la incidencia de estos patógenos a distintas densidades de siembra.

En el caso de las plagas, BRAVO y ALDUNATE (1987) indica que las de mayor incidencia son el minador de las chacras (*Liriomyza huidobrensis*), pulgón del haba (*Aphis fabae*), Cuncunillas (*Rachiplusia nu*), Pilme de la Papa (*Epicauta pilme*) y babosas, no existiendo reportes claros de plagas sobre habas en el Sur de Chile.

2.6 Cosecha

La cosecha del haba se realiza tradicionalmente en habas indeterminadas de forma manual y en forma escalonada, debido al tipo de crecimiento, donde pueden realizarse hasta 4 recolecciones (NADAL *et al.*, 2000b). Según VELASCO *et al.*, (2000), parte importante de los costos de la producción del haba para cosecha en verde corresponde a la mano de obra utilizada en la cosecha manual, representando un 23% de los costos directos totales, lo que promueve un desincentivo para la explotación a mayor escala tanto para industria como para fresco.

Considerando lo anterior, NADAL *et al.* (2000b), indican que en el caso de las habas de crecimiento determinado, la cosecha se puede llevar a cabo de forma mecanizada, en una sola pasada, lo que trae ventajas asociadas como la disminución de los costos directos del cultivo. Esto se realiza con las mismas cosechadoras automotrices utilizadas para arvejas (*Pisum sativum*), aunque con un cabezal de recolección diferente o con una máquina recolectora de poroto verde, para desvainar posteriormente en la industria (ARMSTRONG, E. Com. Pers.²). Lo

² Eduardo Armstrong, representante en Chile de BCMH Tech (Maquinaria agrícola)

mismo es publicitado por distintas empresas proveedoras de maquinarias, ofreciendo como opción la adaptación para cosecha de habas en máquinas diseñadas para arveja, aunque BAGINSKY (2011, Com. Pers.³) indica que en la práctica se asumen pérdidas debido a la poca adaptación de las máquinas para el cultivo específico del haba, tanto indeterminadas como determinadas, principalmente por el pequeño tamaño de paso de los harneros de las máquinas.

2.6.1 Criterio de cosecha

Existen distintos métodos para determinar el punto óptimo de cosecha en los cultivos. Habitualmente se realizan inspecciones visuales, más que inspecciones instrumentales, debido a la simplicidad de este método. En el caso de las habas, se puede determinar de diversas formas:

2.6.1.1 Apreciación visual

Según FAIGUENBAUM (2003), la determinación del momento de cosecha de forma visual puede hacerse a través de la medición del tamaño de las vainas (en cosechas manuales) u observando el color del hilum de los granos (Figura 2). A medida que la maduración del grano avanza, el color del hilum va cambiando de verde a beige, oscureciéndose hasta tornarse en un color negro. Además, el funículo va cambiando de un color verde a un color amarillento. En granos tiernos, calidad óptima para la agroindustria, el color del hilum debe ser verde, mientras que si es beige o negro, el nivel de almidón es mayor y el contenido de humedad es menor, presentando poco dulzor. Cuando el hilum es negro, el grano tiene una textura harinosa y una mayor dureza. En Chile es el método más utilizado para determinar el momento oportuno de cosecha.



FIGURA 2 Distintas coloraciones del Hilum de los granos de habas determinadas debido a distintos estados de madurez, la que en la figura aumenta de derecha a izquierda.

FUENTE: (elaboración propia)

³ Dra. Cecilia Baginsky. Departamento de Producción Agrícola. Universidad de Chile.

2.6.1.2 Índice tenderométrico

Este es un método objetivo e instrumental para establecer el momento de cosecha. Se utiliza mayoritariamente en arveja y maíz, determinando la dureza de los granos al presionarlos con un instrumento llamado tenderómetro, midiendo la presión necesaria para lograr la ruptura del grano, estableciendo una escala de referencia tenderométrica (kg cm^{-2}). A mayor presión de ruptura, indica un menor porcentaje de humedad y un mayor estado de madurez del grano. Estas mediciones pueden asociarse al contenido de sólidos insolubles al alcohol, por lo que es necesario generar tablas de calibración (ARTHEY y DENNIS 1991), para lo cual no hay estudios actuales publicados para las variedades en uso, observándose en nuestro país trabajos hechos en leguminosas por FIGUEROLA y ESTÉVEZ (1975), sólo para el caso de las arvejas.

FAIGUENBAUM (2003), indica que en Chile se cosecha con un grado tenderométrico promedio de 160, aunque para obtener una buena calidad en la industria del congelado, el haba no debiese tener más de 145 de tenderometría, mientras que SILVA (2010, Com. Pers.⁴) es más estricto e indica que los niveles adecuados actualmente en la industria chilena es de entre 95 y 120. Estos últimos valores han tenido aceptación en los mercados europeos, los que son destinatarios de algunas partidas de habas congeladas chilenas, las que incluso son comercializadas sin la testa, ofreciendo sólo los cotiledones pre-cocidos y congelados.

2.6.1.3 Sólidos insolubles al alcohol (SIA)

Este método debe realizarse en laboratorio. Según SATHE (1999), consiste en la medición en porcentaje de las sustancias que no se disuelven en alcohol. A medida que avanza la madurez de los vegetales, el nivel de azúcar y el porcentaje de humedad disminuyen y aumentan los niveles de elementos no solubles en alcohol como el almidón, proteínas, fibra y otros. OLAETA (1983), menciona que en arvejas el porcentaje de sólidos insolubles en el momento óptimo de madurez corresponde a un 11,4%. Existe una sola referencia de la relación lineal entre sólidos insolubles al alcohol y los niveles tenderométricos para habas, en la que se indica que a niveles tenderométricos de 95, se presenta un 9,1% de sólidos insolubles al alcohol, mientras que a niveles tenderométricos de 160, se presenta un 19,6% de sólidos insolubles al alcohol (ARTHEY y WEBB, 1969).

⁴ Ricardo Silva, Gerente Área Hortícola Alifrut S.A.

2.7 Cultivo y Mercado del haba en Chile.

La superficie de cultivo del haba en Chile ha aumentado en los últimos años, cultivándose en 2010 un total de 2.359 hectáreas, representando un 2,9% de la superficie total de hortalizas cultivadas en Chile. Tomando en cuenta las especies tradicionalmente cultivadas para la industria del congelado (arveja, maíz dulce, poroto verde y habas), las habas se ubican en el cuarto lugar, con un 11% de la superficie sembrada, seguidas por las arvejas (13,9%), luego el poroto verde (15,9%) y finalmente el maíz dulce con un 59,2% (ODEPA, 2011).

En el mercado nacional el haba representa un 4% del consumo entre las cuatro principales especies de congelados (CARNIGLIA, 2009), mientras que las exportaciones fueron de un promedio de 970 toneladas anuales entre 2002 y 2010, siendo los principales países de destino Estados Unidos, Japón y Francia (ODEPA, 2011)

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Material

3.1.1 Localización del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental “Santa Rosa”, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, ubicada en el sector Cabo Blanco, a 3 km al norte de Valdivia (S39°38' W73°14') y a 12 m.s.n.m.

3.1.2 Aspectos climáticos

El clima de la zona de Valdivia, corresponde a un clima templado lluvioso, con una pluviometría de 2514 mm anuales, concentradas en un 49% en los meses de invierno (Junio a Agosto). La temperatura media anual es 12,3°C, siendo la mínima promedio mensual 7,8°C en Julio, y la máxima promedio mensual 17,4°C en enero y 17,5°C en febrero (datos no publicados de la Estación meteorológica del Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile años 2000 al 2009) (ANEXO 1).

Para la obtención de datos climatológicos durante la duración del ensayo (temperatura, radiación, humedad relativa, precipitaciones y evapotranspiración), se recurrió a los datos obtenidos por la estación meteorológica (Davis Instruments, Vantage Pro2-Plus, USA) ubicada en la misma Estación Experimental.

3.1.3 Suelo

El suelo donde se ubicaron las parcelas experimentales, corresponde al tipo *trumao* (andisol typic hapludands), de la Serie Valdivia, con capacidad de uso II y III, con 1,5% de pendiente (NISSEN, 1974). El suelo tipo *trumao* es un suelo derivado de cenizas volcánicas que presenta una textura franco-limosa, con un horizonte superficial profundo con contenidos de materia orgánica entre 13% y 25%. Tiene una baja densidad aparente (entre 0,5 y 0,7 g cm⁻³), presentando una gran porosidad con un 10% a 25% de poros de agua útil. La velocidad de infiltración del agua es rápida, por lo que se adecúa a las necesidades de *Vicia faba*, ya que es muy sensible al anegamiento. Debido a esto, además es factible el laboreo del suelo en condiciones de alta humedad, lo que alarga el período de posible laboreo (MAC DONALD, 1987).

Para el presente ensayo, se realizó un análisis de suelo para determinar acciones de enmiendas y/o fertilizaciones (ANEXO 2).

3.1.4 Material vegetal

El material vegetal corresponde a semillas de tres cultivares de crecimiento determinado de *Vicia faba* L. var. *major*: “Retaca”, “Alargá” y “Verde Bonita”,

provenientes de ensayos previos realizados en la zona Centro del país, como resultado del proyecto FIA (PI-C-2005-1-A-15).

3.2 Método

3.2.1 Diseño experimental

El diseño experimental consistió en un arreglo factorial de 3 x 3 x 3 en parcelas divididas en bloques al azar, con 3 subniveles para cada uno de los factores. El primer factor consideró la fecha de siembra (07/08/2009; 01/09/2009; 22/09/2009), el segundo el cultivar de la especie (Alargá, Retaca y Verde Bonita), y el tercero la densidad de siembra (20, 30 y 40 pl m⁻²). La unidad experimental fue un metro lineal del cultivo, obtenido al azar desde la zona central de las subparcelas, la cual quedó definida luego de considerar franjas bordes de 50 cm para cada una de ellas por todo su perímetro para evitar interacciones con los otros tratamientos (efecto borde).

3.2.2 Distribución de las parcelas en el campo

Como se observa en Figura 3, cada bloque constó de una superficie de 70 m² (10x7 m), el cual fue dividido en 3 franjas cada una (3,3 x 7 m), para emplazar los tres cultivares al azar. Estas parcelas a su vez se sub-dividieron nuevamente en tres partes (2,3 x 3,3 m), formando las subparcelas para emplazar al azar las tres densidades.

3.2.2.1 Densidad de siembra

Basados en antecedentes previos dados por Baginsky⁵ (2008), se consideró una distancia entre hileras fija para este ensayo de 35 cm, variando la distancia sobre la hilera la cual fue de 7,1; 9,5 y 14,2 cm, logrando de esta manera densidades de 40, 30 y 20 pl m⁻², respectivamente. La Figura 3 muestra la disposición espacial del ensayo

⁵ Baginsky, Cecilia. Profesora Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile

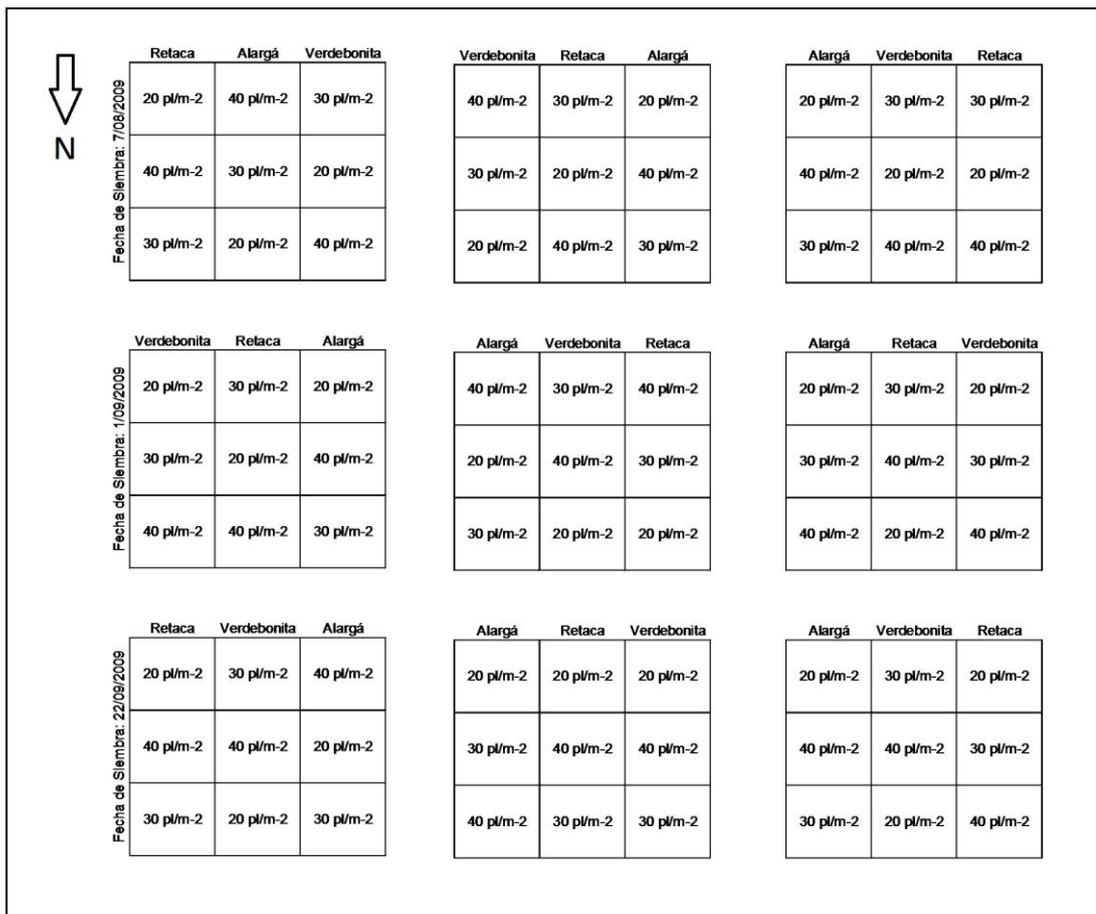


FIGURA 3. Diseño del ensayo en terreno.

3.2.3 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianzas (ANDEVA), utilizando un nivel de 95% de confianza, cumpliendo para esto los supuestos del ANOVA referidos a la normalidad de los datos, la independencia de los valores y la homogeneidad de las varianzas. En el caso que los datos fueran catalogados como no paramétricos, se utilizó el test de Kruskal-Wallis para obtener la normalidad y varianzas homogéneas. Para esto, se utilizó el software Statgraphics 5.0. En el casos de existencia de diferencias estadísticamente significativas, se utilizó el test de Tukey $\alpha=0,05$.

3.2.4 Variables a evaluar

Las variables se determinaron por medio de mediciones directas y otras a través de muestreos destructivos hechos para la obtención de biomásas. En el segundo tipo de mediciones realizadas en esta investigación, se procuró dejar hileras contiguas, para evitar que los resultados se vean afectados por el efecto borde.

3.2.4.1 Biomasa

En el caso de la mediciones de biomasa, se obtuvieron muestras en tres oportunidades asociadas a las etapas fenológicas claras para leguminosas (WEBER y BLEIHOLDER, 1990): Estado de cuatro hojas verdaderas; cultivo con 50% de floración (entendiéndose tal momento cuando el 50% de las plantas estaban florecidas, con al menos una flor); y por último al momento de cosecha en punto de madurez comercial, lo que fue definido por el cambio de coloración del hilum de verde brillante a opaco.

Para esto, se obtuvieron muestras destructivas, separando los componentes de la planta (hoja, tallo, flores, vainas). A las mismas muestras se les midió altura de planta, de ramas basales y número de las mismas.

En todas las mediciones se registró el peso de hojas, tallos, y parte reproductiva cuando la hubiere.

Además, se midió el área foliar con un medidor de área foliar (Li-Cor Mod. LI-3100C, Lincoln, NE, USA), para cada muestra en forma conjunta de las hojas de todas las plantas seleccionadas, con lo que se determinó el índice de área foliar.

Una vez alcanzada la madurez de cosecha, establecida de acuerdo al criterio visual del color del *hilum*, se midió el peso (g) de vainas y granos (en fresco y seco), número de vainas, número de granos por vaina y la altura de inserción de la vaina inferior. Todas las mediciones de peso se hicieron en fresco y luego se secaron por 48 horas a 70°C, o hasta obtener un peso constante.

Las muestras recolectadas fueron mantenidas en cámara de frío (4°C) hasta su análisis con el fin de disminuir el metabolismo y pérdida de humedad de éstas.

3.2.4.2 Tiempo térmico

Se consideraron los distintos momentos de los estados fenológicos (emergencia, floración, madurez comercial), para relacionarlo con los grados día acumulados (GDAC), calculados durante la ontogenia de los cultivos, con una temperatura base de 5°C. La escala fenológica utilizada es la descrita por WEBER y BLEIHOLDER (1990) y LANCASHIRE *et al.* (1991), llamada BBCH.

3.2.5 Siembra

La siembra se llevó a cabo en tres fechas: 07 de agosto, 01 de Septiembre, 22 de septiembre de 2009.

Las densidades utilizadas, la distancia sobre hilera, y el número de plantas por metro lineal se observan en el Cuadro 1. El cultivo se estableció a una distancia de 35 cm entre hilera, mientras que la profundidad de siembra fue de 5 cm. En la

siembra se utilizaron semillas desinfectadas en base a las recomendaciones del uso de Mancozeb 80% PM.

CUADRO 1: Distancia sobre hilera y plantas por metro lineal utilizados en el ensayo.

| Densidad (pl m ⁻²) | Distancia sobre hilera (cm) | pl m ⁻¹ lineal |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 20 | 14,3 | 7 |
| 30 | 9,5 | 10,5 |
| 40 | 7,1 | 14 |

3.2.6 Fertilización y/o enmiendas

De acuerdo al análisis de suelo, se realizó la siguiente fertilización: 280 Unidades de K₂O en forma de Muriato de Potasio, 263 unidades de P₂O₂ en forma de Superfosfato triple.

La fertilización nitrogenada se llevó a cabo con aplicación única de 40 unidades de nitrógeno al momento de la siembra, en forma de Nitrato de amonio.

3.2.7 Manejo de malezas, plagas y enfermedades

Para el control de malezas se utilizó Linurón y Pendimetalina aplicado luego de la emergencia, junto con limpiezas manuales. (1 L há⁻¹ de Linurex 50 y 3 L há⁻¹ de Espada, respectivamente)

Para el control de enfermedades fungosas se aplicó preventivamente Captan (2 kg ha⁻¹ de Captan 50WP) y Benomilo (1 kg há⁻¹ de Benlate 50WP).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento climático

Las temperaturas promedio del período fueron menores a los valores históricos, especialmente en los meses de verano, mientras que el nivel de precipitaciones fueron mayores (ANEXO 1), lo que permitió contar con la humedad necesaria en el suelo para el cultivo (mínimo 600-650 mm). Se observaron eventos de anegamiento momentáneos durante el cultivo debido a lluvias de hasta 80 mm día⁻¹, lo cual no fue problema gracias a las características permeables del suelo (MAC DONALD, 1988). El Cuadro 2 muestra un resumen mensual de las condiciones meteorológicas del período.

CUADRO 2 Comportamiento climático del período del ensayo

| | 08-2009 | 09-2009 | 10-2009 | 11-2009 | 12-2009 | 01-2010 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Temperatura Máxima Media (°C) | 12,2 | 14,2 | 14,3 | 14,5 | 18,8 | 20,7 |
| Temperatura Mínima Media (°C) | 6,1 | 2,4 | 5 | 5,9 | 8,1 | 9,4 |
| Temperatura Media (°C) | 9,2 | 8,2 | 9,8 | 10,2 | 13,4 | 15,2 |
| GDAc mensual (°C) | 130 | 98 | 149 | 157 | 262 | 315 |
| Nro. de heladas | 0 | 7 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| Precipitación (mm) | 509 | 113 | 217 | 159 | 126 | 42 |
| Radiación solar (MJ m ⁻² día ⁻¹) | 5,97 | 14,61 | 15,85 | 18,26 | 23,76 | 26,26 |

En cuanto a los niveles de radiación, estos se comportaron de manera similar a los valores promedio históricos (CIREN, 1997).

Durante el desarrollo del cultivo, las densidades no promovieron cambios sobre la etapa fenológicas de la floración, ya que el momento de realización de biomasa coincidió para todas las fechas en todas las densidades según el criterio de oportunidad (al menos 50% de las plantas con flor). La Figura 4, muestra la dinámica media diaria de temperatura, tiempo térmico acumulado (Base 5), precipitación y radiación para el período, como así mismo, destacando el momento

de la floración para las diferentes fechas de siembra, lo cual, como se manifestó anteriormente, no fue afectado, bordeando los 350GDA (ver detalles en Cuadro 3).

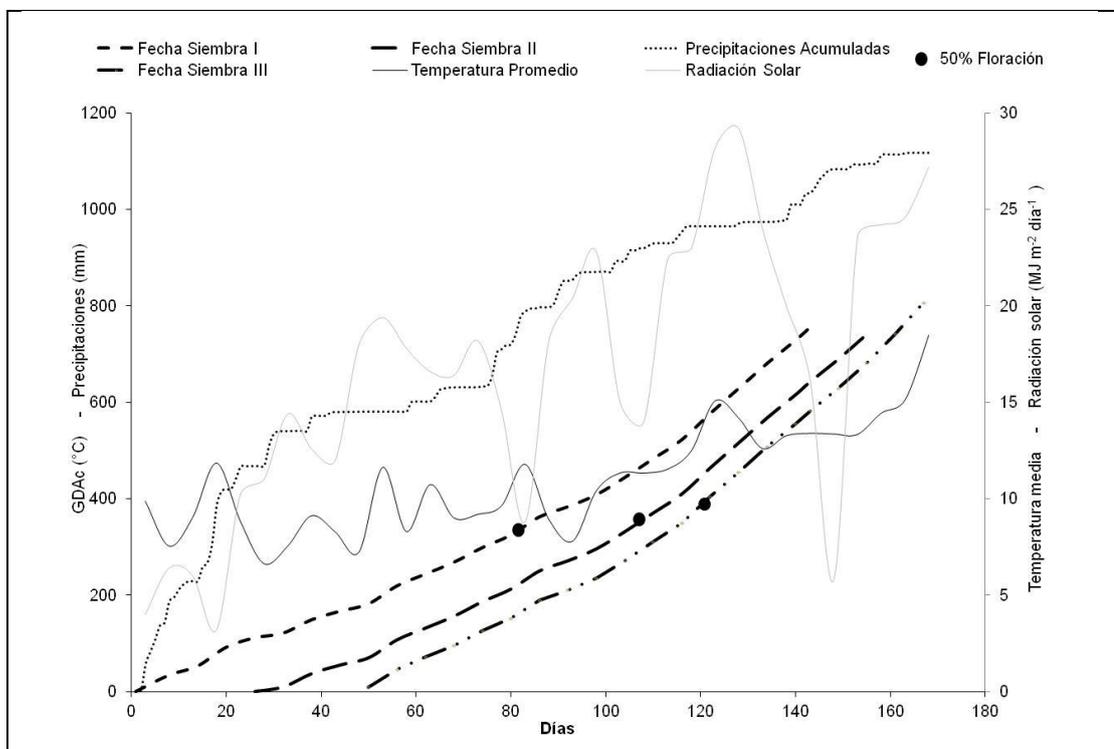


FIGURA 4 Climodiagrama en días después de siembra, desde siembra a cosecha.

Datos directos sobre el comportamiento térmico al interior del dosel no fueron considerados en este estudio, ni tampoco el o los coeficientes de extinción de la radiación en relación a cada una de las densidades, pero el comportamiento del cultivo sí dio referencias sobre el efecto de la densidad, asociado a la altura media, largo de entrenudos y número de tallos laterales productivos (ver puntos 4.3 y 4.5). Estos cambios estarían asociados al efecto de la radiación sobre las yemas que inducirían desarrollo vegetativos diferenciados (TAIZ y ZEIGER, 2006),

4.1.1 Tiempo térmico (GDAc): Generalidades del cultivo

En el Cuadro 3 se observa el tiempo térmico que se demoró el cultivo en grados día acumulado para lograr cada etapa de desarrollo del cultivo. Al compararlos con la literatura existente en Chile para habas de crecimiento determinado, destaca la diferencia en las etapas iniciales del cultivo, especialmente en la etapa de siembra a emergencia, registrándose en el presente estudio un menor tiempo térmico, frente

a los 124 GDAc que indica BRIONES (2009), lo que puede deberse a la mayor rapidez en la imbibición de la semilla por la mayor disponibilidad de humedad en el suelo, lo que acelera el proceso germinativo. En las etapas siguientes esta brecha fue disminuyendo, fluctuando ya en cosecha entre 732 GDAc (BRIONES, 2009) y 828 GDAc (RUIZ, 2008).

CUADRO 3 Tiempo térmico de acuerdo a las etapas de desarrollo del cultivo

| Etapa de desarrollo | GDA ₅ |
|---------------------|------------------|
| Emergencia | 76 |
| 3-5 Hojas | 223 |
| 50% de Floración | 349 |
| Cosecha | 800 |

Los datos climáticos recabados y observados en campo, no dieron cuenta de mayores alteraciones en el desarrollo del cultivo asociado a la generalidad de las etapas fenológicas cuando se modificó la densidad de siembra, comportándose el cultivo independiente a este factor (ver Figura 4, floración).

4.2 Biomasa peso fresco

Los resultados del Análisis de Varianza para este ensayo, demostraron que no hubo interacción estadísticamente significativa entre los componentes principales ($p \leq 0,05$), por lo cual los datos aquí analizados corresponden al promedio de los subniveles fecha y variedad.

Como se puede apreciar en la Figura 5, a medida que aumentó la densidad, aumentó la cantidad de biomasa total por superficie, aunque las dos densidades superiores no presentaron diferencias significativas, presentando 4 kg de biomasa por m^2 a una densidad de 20 pl m^{-2} , mientras que a una densidad de 40 pl m^{-2} se obtuvo 4,9 kg de biomasa por m^2 .

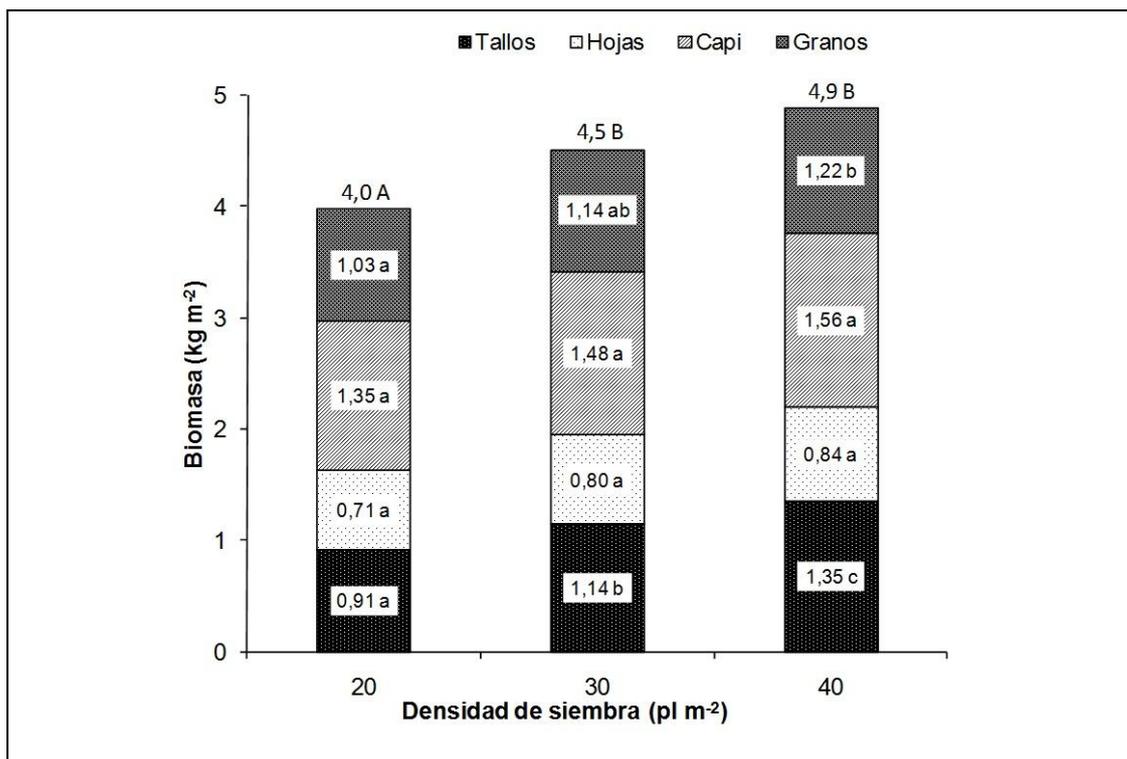


FIGURA 5. Reparto de biomasa aérea fresca en distintas densidades al momento de madurez de cosecha. Valores sobre cada columna indican biomasa total.

Letras distintas en cada componente de la biomasa entre las distintas densidades indican diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

El órgano que mayoritariamente aportó al peso en el fruto es el capi (vaina sin los granos), aunque no hubo diferencias significativas entre las densidades para esta variable, siendo los tallos los que aportaron a esta variación en mayor medida, puesto que el número de tallos por superficie aumentó con el aumento de densidad (ANEXO 3). Respecto al peso de los granos, sólo presentó diferencias entre las densidades extremas para 20 y 40 pl m⁻². En el caso del peso de las hojas, éstas no sufrieron variación con los distintos niveles de densidad.

4.2.1 Componentes del Rendimiento

Al analizar los distintos componentes del rendimiento, se observa que la única variable que presentó diferencias fue el número de vainas por planta, disminuyendo a medida que la densidad era mayor (Cuadro 4).

Esto concuerda plenamente con BRIONES (2009), quien describe en habas de crecimiento determinado que sólo el número de vainas por planta presentó diferencias, aunque no tan contrastantes, con 10,6 vainas pl⁻¹ a una densidad de 20 pl m⁻², y 9,1 vainas pl⁻¹ a una densidad de 28,6 pl m⁻². Contrastan los resultados de número de vainas informados por PILBEAM *et al.* (1991), quien obtuvo 16 vainas pl⁻¹ a una densidad de 20 pl m⁻², 13 vainas pl⁻¹ a una densidad de 30 pl m⁻², y 10 vainas

pl⁻¹ a una densidad de 40 pl m⁻², con similar peso por grano y número de granos por vaina.

CUADRO 4 Efecto de la densidad sobre los componentes del rendimiento.

| Densidad (pl m ⁻²) | 20 | 30 | 40 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|
| Vainas por planta | 9,02 a | 6,65 b | 5,29 c |
| Granos por vaina | 3,06 a | 2,96 a | 2,94 a |
| Peso por grano (g) | 1,93 a | 1,94 a | 1,97 a |

Letras distintas en cada fila indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$).

Al observar las diferencias en número de vainas por planta entre las densidades, coincide con lo expresado por THOMPSON y TAYLOR (1977), quienes indican que la respuesta es mayor en densidades menores, lo que confirman PILBEAM y HEBBLETHWAITE (1990), en densidades extremas de 100 pl m⁻², donde cada planta tuvo sólo 2,3 vainas.

Estas diferencias pueden deberse en parte a la variación en el número de tallos por planta, especialmente en el número de tallos productivos, tal como se aprecia en el Figura 6, donde a medida que aumentó la densidad, disminuyó el número de tallos productivos, manteniéndose estable la cantidad de tallos improductivos por planta. El mayor número de tallos a bajas densidades se debe al crecimiento de tallos en los nudos inferiores, producidos en las yemas foliares de éstos nudos, al ser estimulados por la luz. (LOOMIS y CONNOR, 2002; TAIZ y ZEIGER, 2006)

4.2.2 Rendimiento

El rendimiento de granos y de vainas presentaron diferencias sólo entre las densidades extremas de 20 y 40 pl m⁻², tal como se observa en el Cuadro 5.

Estos resultados se asemejan a los resultados mencionados por NADAL y MORENO (2006), quienes obtuvieron 1,2 kg m⁻² a una densidad de 33 pl m⁻² y 0,75 kg m⁻² a una densidad de 17 pl m⁻², con los mismos cultivares del presente estudio.

Se considera un buen rendimiento comercial de granos de 0,4 kg m⁻² en habas indeterminadas (FAIGUENBAUM, 2003), mientras que WHITE (1998) indica un máximo rendimiento de 0,53 kg m⁻² a 20 pl m⁻².

CUADRO 5 Rendimiento de Granos y Vainas bajo distintas densidades de siembra.

| Densidad (pl m ⁻²) | Granos (kg m ⁻²) | Vainas (kg m ⁻²) |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 20 | 1,03 a | 2,36 a |
| 30 | 1,14 ab | 2,57 ab |
| 40 | 1,22 b | 2,69 b |

Letras distintas en cada columna indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Un aumento del rendimiento de granos con el aumento en densidad observaron también LOPEZ-BELLIDO *et al.* (2001), quienes a densidades de 20, 40 y 60 pl m⁻² obtuvieron 0,34, 0,37 y 0,39 kg m⁻². Contradictoriamente a los datos presentados en esta investigación, los bajos rendimientos de habas de crecimiento determinado en comparación con las de crecimiento indeterminado mencionados por varios autores ha llevado a que el cultivo del haba haya decaído, habiéndose estudiado en Alemania diversas variedades, como el caso mencionado por STÜTZEL (2011, Com. Pers.⁶) de la variedad “Ticol”, que hoy en día no reviste importancia en la producción comercial ni a nivel investigativo. En Chile particularmente, aunque se ha demostrado la mayor producción, el cultivo no es demandado por un aspecto cultural, relacionado con el tamaño de las vainas y el tamaño de los granos.

La relación entre peso de grano y vaina (rendimiento industrial) no presentó diferencias estadísticas, siendo en promedio un 44%, lo que es superior a lo mencionado por FAIGUENBAUM (2003), quien indica que en cultivares de haba del tipo “Aguadulce” (crecimiento indeterminado), este fluctúa entre un 25 y 30%, asociando principalmente estas fluctuaciones al estado de madurez en que se realiza la cosecha

4.3 Número de tallos

Tal como se observa en la Figura 6, hubo variaciones en la cantidad de tallos totales por planta en todas las densidades, en la que a medida que aumentó la densidad, disminuyó la cantidad de tallos totales. Esto concuerda con lo observado por PILBEAM *et al.*(1990), quienes explican, que especialmente en habas de crecimiento determinado, esta disminución se debe a que en cultivos establecidos a mayor densidad la planta minimiza la producción de tallos en favor de una mayor producción de elementos reproductivos. Si se observan los resultados respecto de

⁶ Prof. Dr. Hartmut Stützel. Institut für Biologische Produktionsysteme, Leibniz Universität Hannover, Alemania

los tallos productivos e improductivos, existe variación sólo en cuanto a nivel de los productivos.

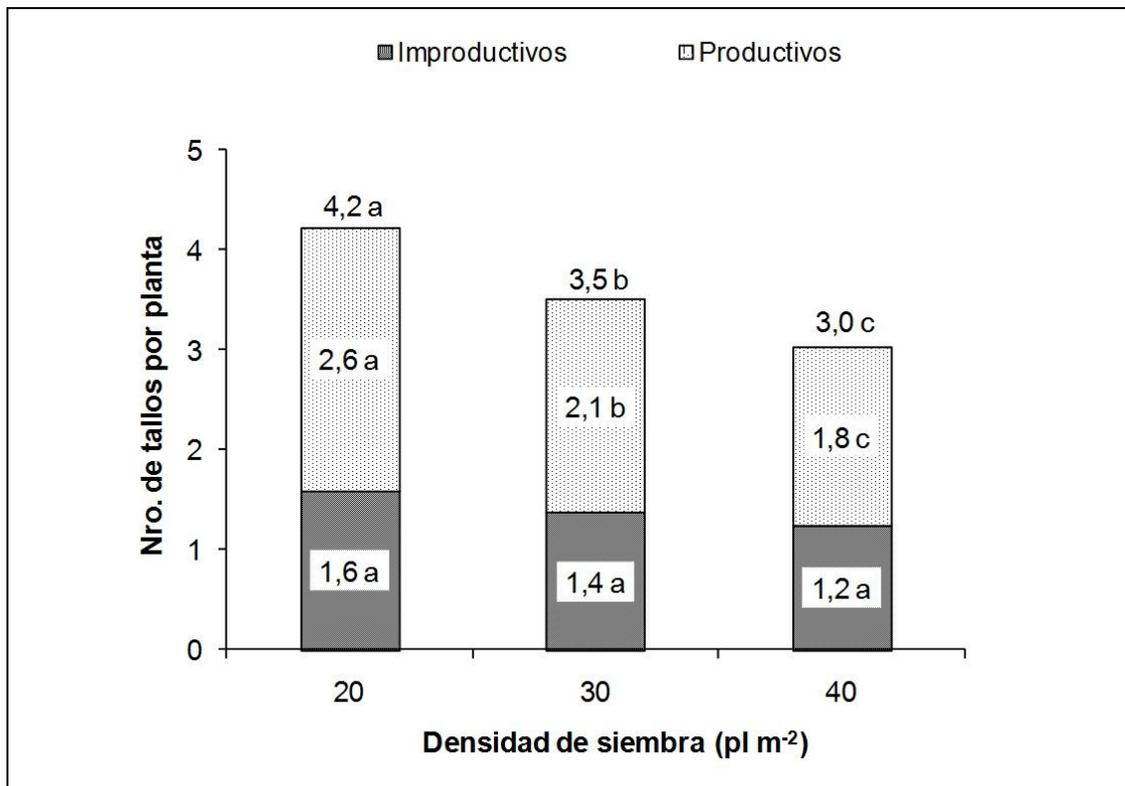


FIGURA 6 Número de tallos productivos, improductivos y totales dependiendo de la densidad, en estado fisiológico de cosecha.

Letras distintas indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Estos resultados contrastan con lo expresado por STÜTZEL y AUFHAMMER (1992), quienes indican que a menor densidad, se produciría mayor cantidad de tallos secundarios improductivos, debido a la mayor disponibilidad lumínica, no obstante se produce una mayor competencia por asimilados que conduciría a un mayor aborto floral. En el ANEXO 3, se presentan los resultados del número de tallos por superficie, donde es lógico observar que a medida que aumenta la densidad, aumenta la cantidad de tallos por superficie.

4.4 Índice de área foliar

Se puede observar en la Figura 7 que ya desde el inicio del cultivo existió un mayor IAF a medida que aumentó la densidad, lo cual es lógico, pues en el estado de 3 a 4 hojas no hay interacción entre las plantas, sino sólo una mayor cantidad de ellas por superficie, tal como lo expresa LOOMIS y CONNOR (2002). Luego en la etapa de floración se observa la misma diferencia, a pesar de la competencia intraespecífica que debiese compensar las diferencias de densidad.

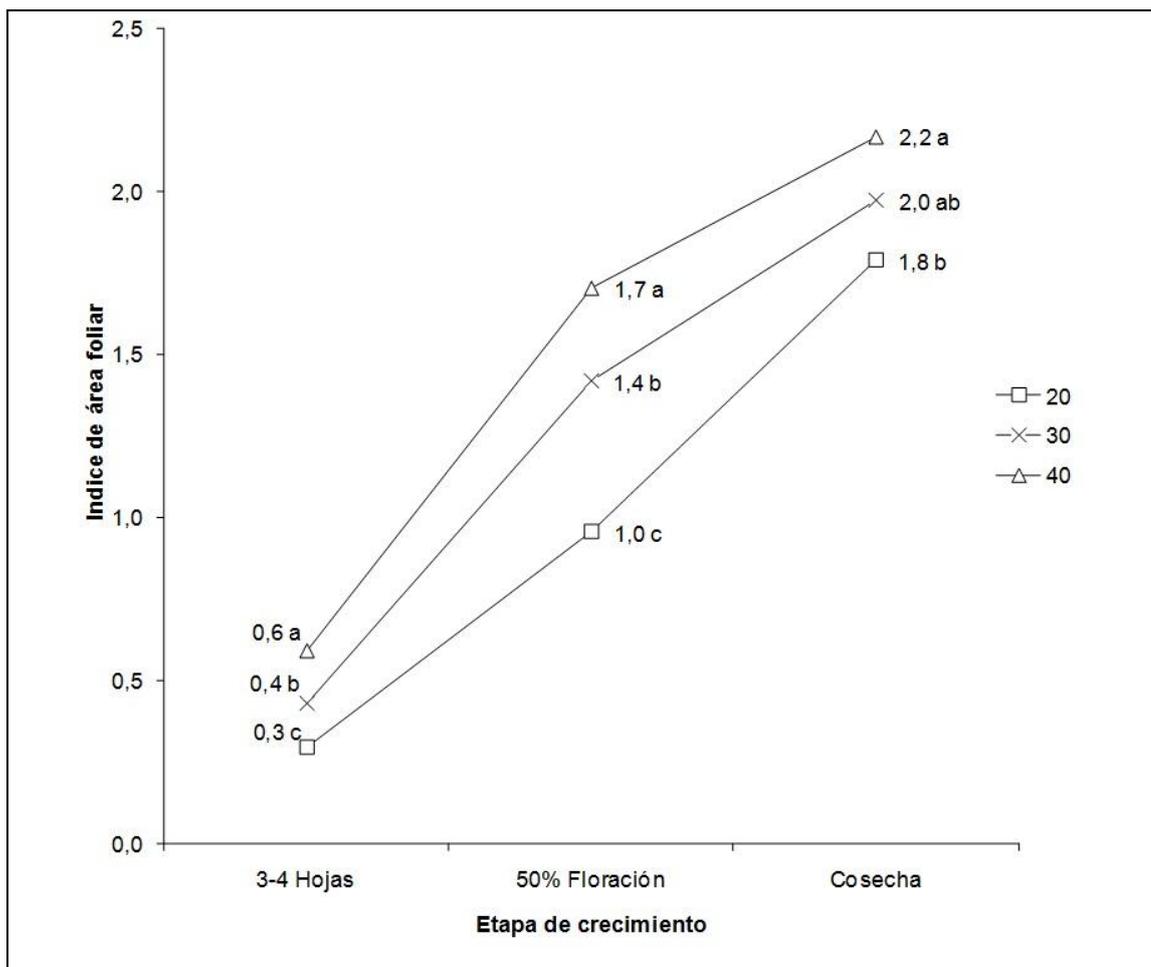


FIGURA 7 Variación del índice de área foliar a lo largo del desarrollo fenológico, bajo distintas densidades (pl m^{-2})

Letras distintas en cada etapa de crecimiento indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

Por su parte en cosecha, con el aumento del número de tallos por superficie al acrecentar la densidad (ANEXO 3), no existiendo diferencias en el número de nudos por tallo, se presentaron diferencias significativas en el IAF sólo en las densidades extremas. Esto se puede deber en parte a la translocación de asimilados desde las hojas a los elementos reproductivos, senesciendo las hojas inferiores, especialmente en la densidad mayor y/o por la mayor competencia entre las plantas por luz en densidades superiores, lo que lleva a una compensación con densidades menores, produciendo un mayor número de tallos por planta (Figura 6). STÜTZEL y AUFHAMMER (1991b), indican comportamientos similares de IAF, aunque con valores superiores, logrando el IAF un valor en cosecha entre 3 y 4, en densidades de $18,5 \text{ pl m}^{-2}$ y de hasta 7 en densidades de 74 pl m^{-2} . En habas de hábito de crecimiento indeterminado, los datos del mismo autor sugieren una leve superioridad en ambas densidades.

4.5 Altura de planta

La variación en altura de la planta se debe principalmente a la competencia por la radiación a densidades mayores (LOOMIS y CONNOR, 2002). En la Figura 8 se observa cómo varió la altura de la planta y la inserción de la primera vaina, siendo todos los valores estadísticamente distintos, aumentando en función del aumento de densidad.

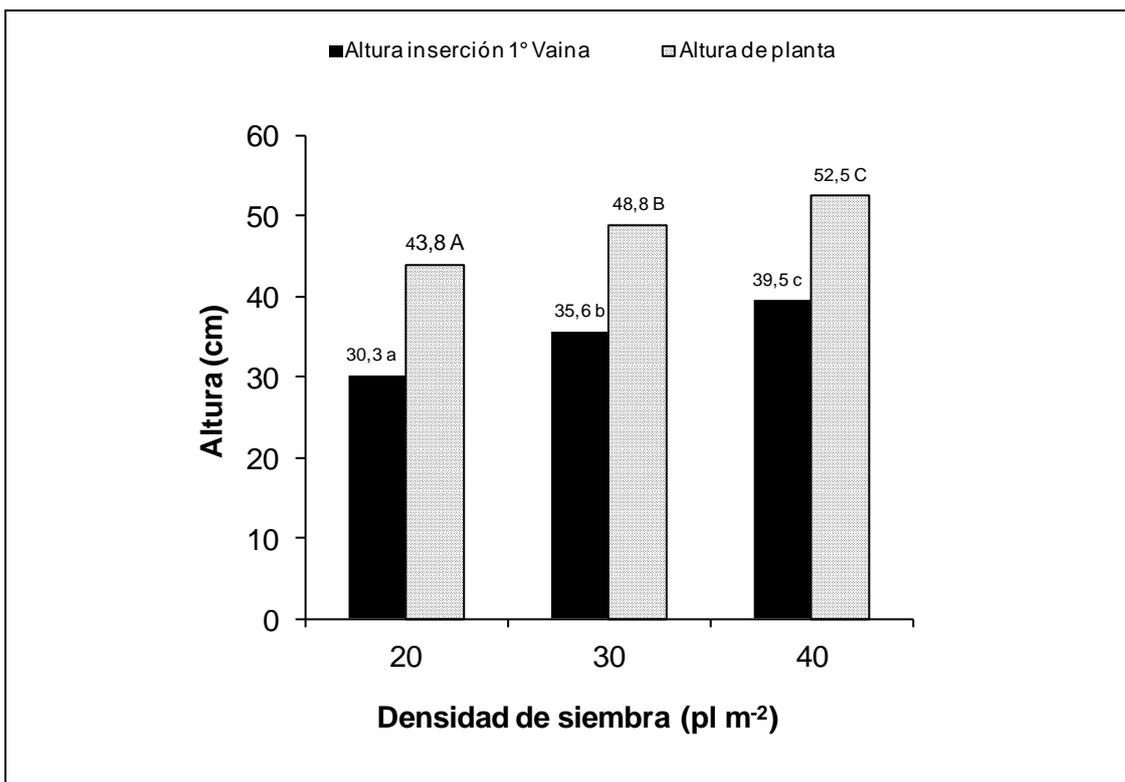


FIGURA 8 Variación de la altura de planta e inserción de la primera vaina en función de distintas densidades en madurez comercial.

Letras distintas indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

La menor altura a densidades menores se debe a un largo de los entrenudos menor como se observa en el Cuadro 6, pues la densidad de 20 pl m⁻² presentó diferencias significativas respecto de las densidades de 30 y 40 pl m⁻² (tendiendo a mantener esa diferencia a lo largo del tallo, como se aprecia en el Anexo 5), en tanto que el número de nudos por tallo no presentó diferencias significativas. (ANEXO 5). Este comportamiento se puede observar en la Figura 9.

El mayor largo de los entrenudos a mayores densidades se produce por el mayor crecimiento de los meristemas internodales, generado principalmente por la competencia por el acceso a la luz de la planta (LOOMIS y CONNOR, 2002).



FIGURA 9 Plantas sembradas a distintas densidades (40, 30 y 20 pl m⁻² de izquierda a derecha)

Fuente: R. Acuña

Este comportamiento de la altura fue observado también por PILBEAM *et al* (1990), con densidades entre 10 y 100 pl m⁻², donde si bien a densidades superiores a 70 pl m⁻² no hubo variaciones, a medida que disminuía la densidad, disminuía la altura.

CUADRO 6 Largo de entrenudos y número nudos por tallo en cosecha

| Densidad | Largo entrenudos (cm) | Número de nudos por tallo |
|----------|-----------------------|---------------------------|
| 20 | 4,7 b | 8,3 a |
| 30 | 5,1 a | 8,7 a |
| 40 | 5,3 a | 8,7 a |

Letras distintas en cada columna indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

En cuanto a la altura de inserción de la primera vaina, se observaron diferencias significativas en todas las densidades, aunque pudiese estar dado, además del mayor largo de entrenudo, por el nudo en el cual se inserta la o las vainas en densidades menores, pues a una densidad de 20 pl m⁻² la vaina inferior se ubicó en el 6° y 7° nudo, presentando diferencias con densidades de 30 y 40 pl m⁻², que se

insertaron en el 7° y 8° nudo, aunque entre estas últimas densidades no hubo diferencias (ANEXO 4). Esto difiere de los resultados obtenidos por BRIONES (2009), donde a diferentes densidades, la primera vaina se ubicó siempre en el 6° nudo, aunque la altura fue distinta.

Además, comparando la altura de inserción de la primera vaina con variedades indeterminadas, demuestra ser factible su cosecha mecanizada, puesto que en promedio las variedades indeterminadas insertan la primera vaina a los 20 cm (RUIZ, 2008).

En la Figura 10 se presenta la evolución de la altura durante las etapas del cultivo, observándose que en el estado de 3-4 hojas no se detectaron diferencias significativas en la altura de planta respecto a las densidades. Esto se debe a que en este estado de crecimiento aún no hay competencia entre las plantas, lo que coincide con lo expuesto por LOOMIS y CONNOR (2002).

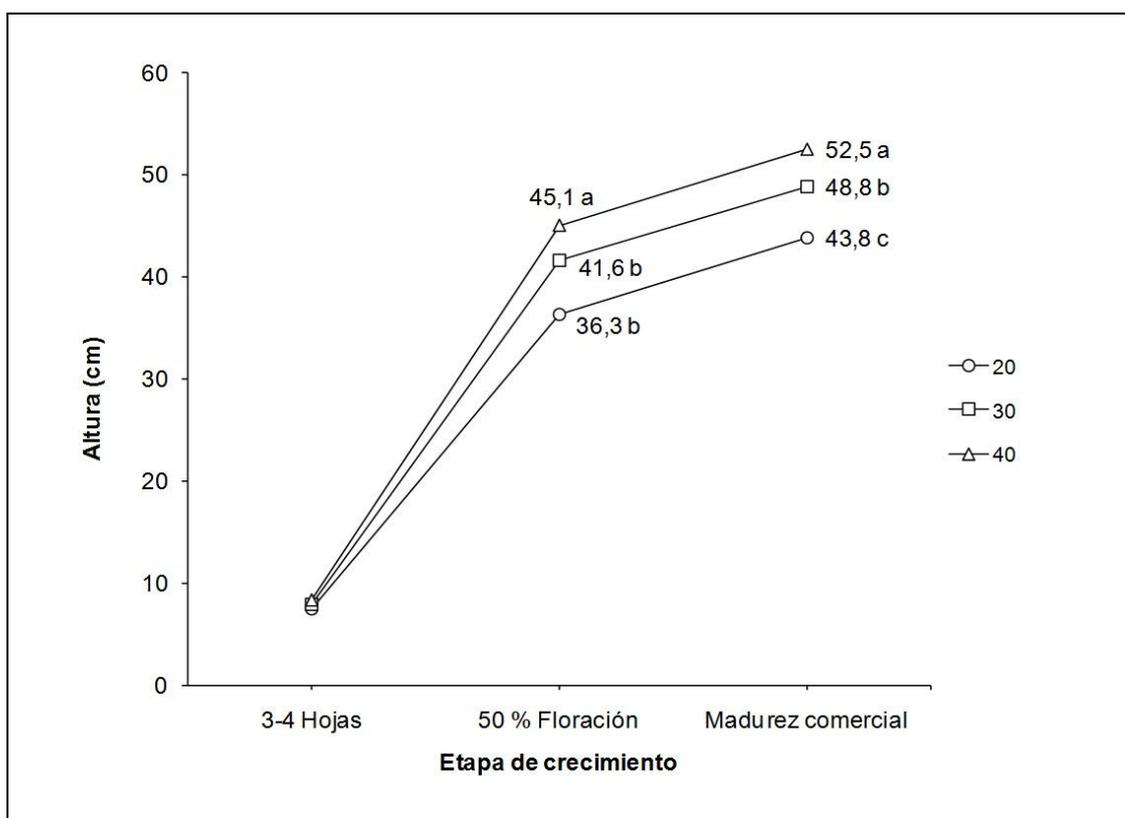


FIGURA 10 Variación de la altura de planta a en distintos estados fenológicos, para distintas densidades.

*Letras distintas en cada etapa de crecimiento indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$). En el estado de 3-4 Hojas no hubieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

En estado de 50% de floración, sólo la densidad de 40 pl m⁻² marcó diferencias respecto a las otras dos densidades, lo que indica que en este estado de desarrollo

existe competencia a altas densidades, tornándose despreciable a menores densidades.

En estado fenológico de madurez comercial, se observaron diferencias significativas en todos los niveles de densidad. Esto se puede deber a que las habas de crecimiento determinado, al tener la característica de la inflorescencia terminal, detienen su crecimiento del tallo luego de iniciada la floración, logrando las plantas una mayor altura por el mayor crecimiento de tallos improductivos.

4.6 Biomasa aérea peso seco

Como se aprecia en el Cuadro 7, el peso de la biomasa total en base a peso seco, fue distinto en todos los niveles de densidad tanto en cosecha como en floración, mientras que en el estado de 3 a 4 hojas sólo fueron diferentes las densidades extremas.

Tanto el peso de los tallos como de las hojas fueron distintos en todos los estados ontogénicos medidos, para todas las densidades.

En el caso del peso de grano no existieron diferencias, lo que no condice con lo expresado por ROBERTSON y FILIPPETTI (1991), quienes establecen la relación que a mayor biomasa existiría un mayor rendimiento de grano.

Resulta difícil comparar valores, pues la literatura consultada indica valores en materia seca en la etapa de madurez fisiológica y no de madurez comercial para la industria del congelado, que es el objetivo del presente estudio.

CUADRO 7 Distribución del peso seco (g) en hojas, tallos y vainas en distintos estados y densidades por m².

| | Densidad | Estado | | |
|------------------|----------|-----------|---------------|---------|
| | | 3-4 Hojas | 50% Floración | Cosecha |
| Tallos | 20 | 10 a | 66 a | 160 a |
| | 30 | 15 b | 103 b | 207 b |
| | 40 | 20 c | 136 c | 244 c |
| Hojas | 20 | 20 a | 51 a | 95 a |
| | 30 | 28 b | 73 b | 110 b |
| | 40 | 39 c | 88 c | 121 c |
| Vainas completas | 20 | - | - | 453 a |
| | 30 | - | - | 484 ab |
| | 40 | - | - | 510 b |
| Granos | 20 | - | - | 294,3 a |
| | 30 | - | - | 307,7 a |
| | 40 | - | - | 322,3 a |
| Biomasa total | 20 | 30 a | 117 a | 708 a |
| | 30 | 43 ab | 176 b | 801 b |
| | 40 | 59 b | 224 c | 875 c |

* Valores con letras distintas en cada subgrupo presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

4.7 Índice de cosecha

El índice de cosecha no fue afectado por las variaciones de densidad, tanto al calcularlo en base a materia verde, como materia seca, tal como se observa en el Cuadro 8, lo que se explica por el aumento tanto del rendimiento de granos como el aumento de biomasa por unidad de superficie al aumentar la densidad. En habas indeterminadas McVETTY *et al.* (1986) tampoco observó diferencias en cuanto al índice de cosecha en base materia seca al variar la densidad entre 23 y 58 pl m⁻², obteniendo en promedio un índice de cosecha de 0,44.

Estos resultados contrastan con lo mencionado por PILBEAM *et al.*(1990) en el caso del índice de cosecha en materia seca, donde a medida que aumentaba la densidad, el índice de cosecha en habas determinadas disminuía, siendo además estos valores superiores a los observados en este estudio, pues obtuvieron índices

de cosecha entre 0,48 y 0,4 en densidades de 10 a 100 pl m⁻², siendo explicada esta variación por el aumento de la biomasa total con el aumento de densidad, pero manteniéndose estable el peso de grano. STÜTZEL y AUFHAMMER (1992) agregan que este comportamiento se observa tanto en habas determinadas como indeterminadas.

CUADRO 8 Índice de Cosecha a distintas densidades para Materia verde y materia seca

| Densidad (pl m ⁻²) | Índice de Cosecha Materia Verde | Índice de Cosecha Materia Seca |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 20 | 0,26 a | 0,41 a |
| 30 | 0,25 a | 0,39 a |
| 40 | 0,24 a | 0,37 a |

* Letras iguales en cada columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

4.8 Inflorescencia terminal

Se observó que en un 9% de los tallos reproductivos, la inflorescencia terminal (propia de las habas determinadas) presentó entre una y tres vainas, siendo en un 89% de los casos una sola vaina. Comparado con la cantidad total de vainas producidas por la planta, las vainas provenientes de la inflorescencia terminal representaron un 3%. No se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) respecto de la densidad.

5. CONCLUSIONES

Respecto del rendimiento agronómico, se obtuvo que a mayor densidad de siembra, este es mayor, puesto que los granos por superficie aumentaron junto con mayores densidades. Si bien, sólo entre las densidades extremas de 20 y 40 pl m⁻² hubo resultados estadísticamente significativos, se obtiene que las dos densidades superiores permiten obtener el mayor rendimiento agronómico.

En cuanto a los componentes del rendimiento, el único factor que variaciones respecto a las densidades fue el número de vainas por planta, manteniéndose sin diferencias el número de granos por vaina y el peso por grano. La biomasa total presentó variación solamente en la densidad menor, respecto a las densidades mayores, siendo de las partes de la planta el grano y los tallos los de mayor variabilidad.

La mayor altura de inserción de las primeras vainas, permitiría llevar a cabo la cosecha de forma mecanizada, ahorrando costos de mano de obra y logrando una mayor calidad y uniformidad del producto.

No se observaron variaciones en tiempo en la fenología de las plantas (ontogenia) en respuesta a la densidad del cultivo y los factores medioambientales, pero se puede concluir que la densidad afecta la respuesta del cultivo asociada a la morfología de la planta, por uso diferencial de factores microambientales al interior de la canopia, que induce una estructura de planta variable.

Por último y de acuerdo a lo anterior, se rechaza la hipótesis planteada, ya que sí se produjeron variaciones en los parámetros productivos asociados la densidad de siembra que afectó los componentes del rendimiento en habas de crecimiento determinado, bajo las condiciones de cultivo de la zona de Valdivia

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, R. 1985. Efecto del espaciamiento y fertilización sobre el rendimiento y sus componentes en habas (*Vicia faba* L.) Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 62p.
- ARTHEY, D. y DENNIS, C. 1991. Vegetable processing. VCH Publishers, USA. 280p.
- ARTHEY, D. y WEBB, C. 1969. The relationship between maturity and quality of canned broad beans (*Vicia faba* L.). *Journal of Food Technology* 4:61-74.
- BIANCO, V. 1990. Fava (*Vicia faba* L.) In: Bianco, V. et Pimpini, F. *Orticultura*. Patron Editore, Bologna, Italia. Pags 672-700. 991p.
- BRAVO, M. y ALDUNATE, V., 1987. Monografías Hortícolas. Universidad Católica de Chile. Santiago. 135p.
- BRIONES, Y. 2009. Evaluación de dos cultivares de haba tipo "Baby" (*Vicia faba* L.) bajo diferentes poblaciones para la industria de congelado. Memoria de título Ing. Agr. Universidad de Chile. 59p.
- CARNIGLIA, J. 2009. Análisis del Mercado Nacional de Hortalizas Congeladas y demás. Primer Seminario de Hortalizas industrializadas. (On line). The Nielsen Company – Chilealimentos A.G. Santa Cruz, Chile. www.chilealimentos.com (Marzo 2011)
- CEDEÑO, L., DOMÍNGUEZ, I., BRICEÑO., PINO, H. Y QUINTERO, K. 2007. "Mancha chocolate" en el haba de la venta, estado Mérida, Venezuela. *Boletín divulgativo "Saber-ULA"* 31(61):17-18
- CIREN, 1997. (Centro de Información de Recursos Naturales). Cálculo y cartografía de la evapotranspiración potencial en Chile. Comisión Nacional de Riego. Santiago. 54p.
- 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.
- DOMMARGUES, J., DREYFUS, B., DIEM, H. y DUHOUX, E. 1985. Fijación del nitrógeno y agricultura tropical. *Mundo científico* 45(5): 276-285.
- DOUSSOLIN, H. 2010. Evaluación fitopatológica en cultivares de haba (*Vicia faba* L.) de crecimiento determinado, en Valdivia, Región de los Ríos. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 66p.
- DUKE, J. 1981. *Handbook of Legumes of World Economic Importance*. Plenum press. New York, USA. 354p.

- FAIGUENBAUM, H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Santiago, Chile. 760p.
- FIGUEROLA, F y ESTEVEZ, A. 1975. A study on the technological quality of 5 green pea (*Pisum sativum* L.) cultivars for canning. *Plant Genetics and Breeding* 1(3):157-162
- FRUSCIANTE, L. y MONTI, L. 1980. Direct and indirect effects of insect pollination on the yield of field beans (*Vicia faba* L.). *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 84(4):323-328
- GIACONI, V. y ESCAFF, M. 1993. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. Chile. 313p.
- GRAF, R. Y ROWLAND, G. 1987. Effect of plant density on yield and components of yield of faba beans. *Canadian Journal of Plant Science*. 67: 1-10
- HUYGHE, C. 1998. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. *Agronomie* 18: 383-411.
- IRRI 1983. International Rice Research Institute. Potential productivity of field crops under different environments. Los Baños, Phillipines. 532p.
- KRARUP, A. 1983. Fechas de siembra y aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento de habas. *Agro Sur* 11(2): 105-109.
- LANCASHIRE, P., BLEIHOLDER, H., LANGELÜDDECKE, P., STAUSS, R., VAN DEN BOOM, T., WEBER E. y WITZEN-BERGER, A. 1991. An uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology* 119:261-601.
- LINK, W. 2009. Züchtungsforschung bei der Ackerbohne: Fakten und Potentiale. *Journal für Kulturpflanzen* 61(9): 341-347.
- LOOMIS, R. y CONNOR, D. 2002. Ecología de cultivos: Productividad y manejo en sistemas agrarios. Mundi-Prensa. Madrid, España. 593p.
- LÓPEZ-BELLIDO, F., y LÓPEZ-BELLIDO, R. 2001. La densidad de plantas en el cultivo de las habas. *Agricultura (España)* 849:196-199.
- LÓPEZ-BELLIDO, F., LÓPEZ-BELLIDO, L., LÓPEZ-BELLIDO, R. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy* 23:359-378
- MAC DONALD, R. 1987. Suelos con aptitud Hortofrutícola. En: *Perspectivas Hortofrutícolas de la Región de los Lagos*. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Austral de Chile. 109p.
- MAVI, H. y TUPPER, G. 2004. *Agrometeorology: Principles and applications of climate studies in Agriculture*. The Haworth Press. New York. 364p.
- McVETTY, P., EVANS, L. y NUGENT-RIGBY, J. 1986. Response of faba bean (*Vicia faba*) to seeding date and seeding rate. *Canadian Journal of Plant Science* 66:39-44

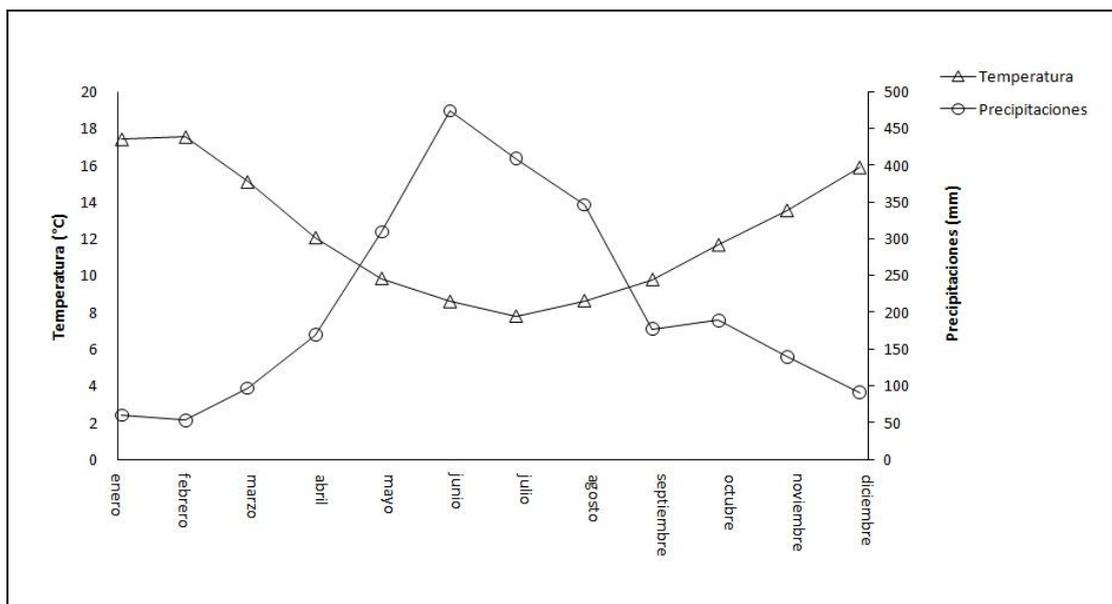
- NACHI, N. y LE GUEN, J. 1996. Dry matter accumulation and seed yield in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *Agronomie* 16:47-59
- NADAL, S., MORENO, M. Y CUBERO, J. 2000a. Nuevas variedades de habas de crecimiento determinado. *Agricultura (España)* 812:108-109.
- NADAL, S., MORENO, M. Y CUBERO, J. 2000b. Variedades de habas de verdeo para uso en industria alimentaria. *Vida Rural (España)* 114:32-33.
- NADAL, S., MORENO, M. y CUBERO, J. 2004a. Registration of "Retaca" Faba Bean. *Crop Science* 44: 1864-1865.
- NADAL, S., MORENO, M. y CUBERO, J. 2004b. Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Mundi-Prensa. Madrid, España. 318p.
- NADAL, S., CABELLO, A., FLORES, F. y MORENO, M. 2005. Effect of growth habit on agronomic characters in Faba Bean. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 70 (2): 43-47
- NADAL, S. y MORENO, M. 2006. Optimal population density of determinate growth habit *Faba bean* for immature pod production. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 71:1: 37-39
- ODEPA. 2011. Oficina de estudios de políticas agrarias. Bases de datos estadísticas. (On Line). < <http://www.odepa.gob.cl> > (Marzo 2011)
- OLAETA, J., MONTGOMERY, M. y CAIN, R. 1983. Efecto de la madurez en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de arvejas (*Pisum sativum*) congeladas. *Agricultura Técnica (Chile)* 43(1): 53-60
- PATRICK, J.W. y STODDARD, F.L. (2010) Review: Physiology of flowering and grain filling in faba bean. *Field Crops Research* 115:234-242
- PILBEAM, C., DUC, G., y HEBBLETHWAITE, P., 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, P., NYONGESA, T. Y RICKETTS, H. 1991. Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field beans (*Vicia faba*): 2. Growth and development. *Journal of Agricultural Science*. 116: 385-393
- PILBEAM, C., P. HEBBLETHWAITE, P., NYONGESA, T. Y RICKETTS, H. 1991. Effects of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field beans (*Vicia faba*): 1. Yield and yield components. *Journal of Agricultural Science* 116: 375-383

- REINING, E. 2005. Assessment tool for biological nitrogen fixation of *Vicia faba* cultivated as spring main crop. *European Journal of Agronomy* 23:392-400
- RIFAEI, M., TURK, M. y TAWAHA, A. 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* 6 (2): 294-299.
- ROBERTSON, L. y FILIPPETTI, A. 1991. Alternative plant types of faba bean. *Options Méditerranéennes – Série Séminaires CIHEAM* 10:33-39
- RUIZ, P., 2008. Caracterización de cultivares de *Vicia faba*. Memoria de título Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. 57p.
- SATHE, A. 1999. *A first course in Food Analysis*. New Age International Publishers, New Delhi. 188p.
- SAXENA, M., SILIM, S. y MATAR, A. 1991. Agronomic management of faba bean for high yields. *Options Méditerranéennes – Série Séminaires CIHEAM* 10:91-96
- SJÖDIN, J. 1971. Induced morphological variation in *Vicia faba* L. *Hereditas* 67:155-180.
- SOBRINO, E. 1992. *Tratado de horticultura herbácea. II Hortalizas de legumbre, tallo, bulbo y tuberosas*. Biblioteca Agrícola Aedos, España. 333p.
- STEUCKARDT, R. 2008. Ackerbohne, *Vicia faba* L. Mit neuen Sortentypen oder neuen Pflanzentypen zum Erfolg? En: Röbbelen, G. *Die Entwicklung der Pflanzenzüchtung in Deutschland (1908-2008)*. *Vorträge Pflanzenzüchtung* 75: 389-394.
- STÜTZEL, H. y AUFHAMMER, W. 1991a. Canopy development of a determinate and an indeterminate cultivar of *Vicia faba* L. under contrasting plant distributions and densities. *Annals of Applied Biology* 118: 185–199
- STÜTZEL, H. y AUFHAMMER, W. 1991b. Light interception and utilization in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* under contrasting plant distributions and population densities. *Journal of Agricultural Science* 116: 395-407.
- STÜTZEL, H. y AUFHAMMER, W. 1992. Grain yield in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* with different plant distribution patterns and population densities. *Journal of Agricultural Science* 118:343-352
- TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2006. *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume. Castelló de la Plana, España. 583p.
- TÂMAS, E., SAVATTI, M. y SESTRAS, R. 1998. Some biological aspects in *Vicia faba* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 28:17-19
- THOMPSON, R. y TAYLOR, H. 1977. Yield components and cultivar, sowing date and density in field beans (*Vicia faba*). *Annals of Applied Biology* 86:313-320

- VELASCO, R., GONZÁLEZ, A., GONZÁLEZ, J. y TAY, J. 2000. Hortalizas en la VII y VIII regiones: Estándares Técnicos / Resultados Económicos. INIA Quilamapu. Chile. 70p.
- WHITE, C. 1998. Efecto de las distancias de siembra sobre los parámetros de un compuesto de *Vicia faba* ssp. *minor*. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 40 p.
- WEBER, E. y BLEIHOLDER, H. 1990. Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Mais, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse – mit Abbildungen. Gesunde Pflanzen 42: 308-321.

7. ANEXOS

ANEXO 1 Temperaturas y precipitaciones en la zona de Valdivia (promedios años 2000-2009)



FUENTE: Estación Meteorológica Isla Teja - Instituto de Geociencias - Universidad Austral de Chile. Datos no publicados.

ANEXO 2 Análisis de suelo del sector del ensayo

| | |
|---------------------------------|---|
| pH en agua (1:2,5) | 5,48 |
| pH CaCl ₂ (1:2,5) | 4,98 |
| Materia orgánica | 16 % |
| N-Mineral | 42 mg kg ⁻¹ |
| Fósforo (Olsen) | 18,7 mg kg ⁻¹ |
| Potasio (intercambiable) | 65 mg kg ⁻¹ |
| Sodio (intercambiable) | 0,23 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| Calcio (intercambiable) | 2,77 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| Magnesio (intercambiable) | 0,39 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| Suma de bases (intercambiables) | 3,56 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| Aluminio (intercambiable) | 0,18 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| CICE | 3,74 cmol ⁺ kg ⁻¹ |
| Saturación de Aluminio | 4,8 % |
| Conductividad eléctrica | 236,2 μS cm ⁻¹ |

FUENTE: Laboratorio de suelos UACH

ANEXO 3 Número de tallos por superficie en cosecha

| Densidad (pl m ⁻²) | Tallos por m ² |
|--------------------------------|---------------------------|
| 20 | 85 a |
| 30 | 105 b |
| 40 | 121 c |

Letras distintas indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

ANEXO 4 Nudo de inserción de la primera Vaina

| Densidad (pl m ⁻²) | Nudo inserción |
|--------------------------------|----------------|
| 20 | 6,9 a |
| 30 | 7,4 b |
| 40 | 7,7 b |

Letras distintas indican que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$)

ANEXO 5 Comportamiento del largo de entrenudos a lo largo de los tallos