

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**SELECCIÓN DE INDIVIDUOS DE UN MATERIAL F₂ EN HABA
POTECIALMENTE INTERESANTES PARA LA AGROINDUSTRIA**

MARÍA PAZ DÍAZ DE LA CARRERA

Santiago, Chile

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**SELECCIÓN DE INDIVIDUOS DE UN MATERIAL F₂ EN HABA
POTECIALMENTE INTERESANTES PARA LA AGROINDUSTRIA**

“SELECTION OF INDIVIDUALS IN A MATERIAL F₂ OF BROAD BEAN (*Vicia faba* L.) POTENTIALLY INTERESTING FOR THE AGROINDUSTRY”

MARÍA PAZ DÍAZ DE LA CARRERA

Santiago, Chile

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

SELECCIÓN DE INDIVIDUOS DE UN MATERIAL F₂ EN HABA POTECIALMENTE INTERESANTES PARA LA AGROINDUSTRIA

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma
Mención: Fitotecnia

MARÍA PAZ DÍAZ DE LA CARRERA

PROFESORES GUÍA	Calificación
Sra. Cecilia Baginsky G. Ingeniero Agrónomo Dr.	6.0
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo Ph.D.	6.2
PROFESORES EVALUADORES	
Sr. Rodrigo Infante E. Ingeniero Agrónomo Dr.	5.8
Sr. Héctor Manterola B. Ingeniero Agrónomo M. S	5.5

Santiago, Chile.
2011

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
MATERIALES.....	8
Lugar.....	8
Materiales.....	8
MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.....	10
Preparación de suelo.....	10
Sistema de Riego.....	10
Fertilización.....	10
Siembra.....	10
Control de Maleza.....	12
Plagas y enfermedades.....	12
Cosecha.....	12
EVALUACIONES.....	13
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15

ESTADOS FENOLÓGICOS.....	15
Fecha de emergencia.....	15
Fecha de floración.....	15
Fecha de cosecha verde.....	16
CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.....	18
Tipo de crecimiento.....	18
Altura de planta.....	21
Altura de inserción de la primera vaina.....	23
Número de nudos vegetativos.....	25
Tendedura.....	27
Número de ramas productivas e improductivas.....	29
CARACTERIZACIÓN REPRODUCTIVA Y DE RENDIMIENTO DE CADA	32
Largo y ancho de vaina.....	32
Tamaño de grano.....	34
CARACTERIZACIÓN DEL RENDIMIENTO.....	36
Número de vainas por planta.....	36
Granos por vaina.....	36
Número de granos por planta, peso de grano y peso total de granos por planta.....	38
Plagas y enfermedades.....	39
ANÁLISIS GLOBAL.....	41
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
APÉNDICES.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cultivares parentales y cruzamientos que dieron origen a familias F ₂	9
Cuadro 2. Número de individuos F ₂ sembrados por cada familia.....	11
Cuadro 3. Fechas y números de días acumulados en plantas de las familias F ₂ , para alcanzar distintos estados de desarrollo.....	16
Cuadro 4. Fechas y números de días acumulados en plantas de cultivares parentales, para alcanzar distintos estados de	17
Cuadro 5. Porcentaje de plantas con hábito de crecimiento determinado e indeterminado para cada familia F ₂ evaluada.....	20
Cuadro 6. Altura promedio de planta para cada familia F ₂ evaluada.....	22
Cuadro 7. Altura de inserción de la primera vaina para cada familia F ₂ evaluada.....	24
Cuadro 8. Promedio de número de nudos vegetativos para cada familia F ₂ evaluada.....	26
Cuadro 9. Porcentaje de plantas que presentaron tendadura para cada familia F ₂ evaluada.....	28
Cuadro 10. Número de ramas productivas, improproductivas y porcentaje de ramas productivas sobre el total, para cada familia F ₂ evaluada.....	30
Cuadro 11. Tamaño de vaina (largo y ancho) para cada familia F ₂ evaluada.....	33
Cuadro 12. Tamaño de grano (largo y ancho) para cada familia F ₂ evaluada.....	35
Cuadro 13. Parámetros de rendimiento (vainas/pta, granos/vaina) para cada familia F ₂ evaluada.....	38
Cuadro 14. Número de granos por planta, peso de grano y peso total de granos por planta.....	39
Cuadro 15: Porcentajes de plantas con crecimiento determinado e indeterminado observados en las familias F ₂ estudiadas.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Genotipos y fenotipos esperados con hembra de crecimiento determinado y macho de crecimiento indeterminado.....	19
Figura 2. Aborto de granos en vaina con semilla y sin semillas.....	37
Figura 3. Planta con virosis.....	39

APÉNDICES

Apéndice 1. Prueba Chi-cuadrado.....	48
Apéndice 2. Datos promedios para cultivares parentales.....	49
Apéndice 3. Datos promedio familias F ₂ con hábito de crecimiento indeterminado.....	50
Apéndice 4. Datos promedio familias F ₂ con hábito de crecimiento determinado.....	51

A mi hija Catalina,
eres el ángel que me enseñó a vivir
cada día con esfuerzo y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

Durante mis años de estudio he recibido el apoyo de mucha gente que me ha ayudado a alcanzar las metas por mí propuestas. Dentro de estas personas, y en primer lugar, debo agradecer a mis padres Patricio y Paulina, a mis abuelos Gustavo, Adriana y Luisa, que me mostraron las alternativas para elegir el mejor camino y cada vez que caí, estuvieron ahí para apoyarme. Mis hermanos Gonzalo, Camila y Macarena que son mis compañeros de vida y de experiencias, que junto con mi hija Catalina, mi motor de vida, son los amores de mi vida. Y por su puesto a toda mi gran familia, tíos, primos, cuñados, sobrinos, etc.

Quiero agradecer, además, a dos personas que han sido muy importantes en este proceso. A Rodrigo, el padre de mi hija, que ha participado de este proceso desde el principio y que continúa siendo mi mejor amigo; y a Horacio, mi pareja, que me ha acompañado en esta última etapa del proceso, aguantándome todas mis histerias, pero siempre estando ahí conmigo con su amor y compañía.

Pero en este paso por la universidad no puedo dejar de agradecer a mis profesores guías Ricardo y Cecilia por su apoyo y enseñanzas. A todo el grupo AGREN: Pedro, Manuel, Claudio, Denisse, Marco y Jime; por todos esos buenos momentos y por sus consejos siempre tan acertados para la vida.

No puedo dejar de agradecer de manera especial a mi profesora “madrina” Verónica Díaz. Profe gracias por estar ahí cada vez que la necesite con su ayuda y consejo.

Y por último a mis amigos: Nicolás, Felipe, Elisa, Andrea, Carolina M., Ange, Mery, Vale, Monse, Marcos y a todos los que por espacio y nervios he olvidado nombrar.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Chile presenta buenas condiciones agroclimáticas para la producción de hortalizas. Dentro de este rubro, la agroindustria (congelados, enlatados, etc.) ha experimentado un aumento en los últimos años, dándole a los productos procesados un valor agregado, lo cual permite obtener mejores ingresos a los productores.

El haba (*Vicia faba* L.) es una especie que presenta variadas características interesantes para producción en la agroindustria, no sólo para su consumo nacional, sino también para la exportación.

La presente memoria es la continuación de una serie de estudios que comenzaron el año 2007 con la caracterización de las accesiones parentales de habas existentes en Chile y otras obtenidas en el extranjero. Las accesiones estudiadas presentan crecimiento determinado e indeterminado. En un estudio llevado a cabo por Ruiz (2007), se realizaron cruzamientos entre las variedades colectadas, obteniéndose varios individuos F_1 , provenientes de distintos cruzamientos. Dicha población de F_1 se sembró la temporada siguiente, se autofecundó, y como resultado se obtuvieron las familias F_2 . En este estudio se presentan los resultados de los análisis de las familias F_2 mencionadas anteriormente.

Cada familia F_2 se caracterizó a través de: a) un registro de los estados fenológicos, b) la arquitectura de la planta (hábito de crecimiento, altura de planta, altura de inserción de la primera vaina, número de ramas productivas e improductivas) y c) características de rendimiento (número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso total de granos por planta, entre otras).

Todos los parámetros analizados permitieron identificar familias, tanto de crecimiento determinado e indeterminado, con características interesantes para la agroindustria. Se recomienda seguir con el plan de mejoramiento con estas familias, con el fin de obtener nuevas variedades de habas para consumo en fresco y para la agroindustria.

Palabras claves: Crecimiento determinado – Crecimiento indeterminado – Mejoramiento vegetal – Agroindustria

“BROAD BEAN (*Vicia faba* L.) F₂ INDIVIDUAL SELECTION WITH POTENTIAL INTEREST FOR AGROINDUSTRY”

ABSTRACT

Chile has good conditions for vegetable production. Within this area the food industry (frozen, canned, etc.) has increased in recent years, giving an added value to its processed products, which enables better income to farmers.

The broad bean (*Vicia faba* L.) is a species that has several interesting features for agroindustry production, not only for domestic consumption but also for export.

This report is the continuation of a series of studies that began in 2007 with the characterization of the parental accessions of broad beans that exist in Chile and that were obtained abroad. The cultivars have determinate and indeterminate growth. In a study described by Ruiz (2007), there were crosses between the collected varieties and a number of F₁ individuals were obtained from the different crosses. This F₁ population was cultivated the following season, it was selfed and the resulting F₂ families were obtained. This study shows the results of the analysis of the F₂ families mentioned above

Each F₂ family was characterized by: a) record of developmental stages, b) plant architecture (growth habit, plant height, first pod insertion height, number of productive and unproductive branches) and c) characteristics performance (number of pods per plant, number of grains per pod, total grain weight per plant, etc.).

All parameters allowed to identify determinate and indeterminate families, with interesting characteristics for the food industry. It is recommended to continue the improvement plan with these families, in order to obtain new broad bean varieties for fresh consumption and agribusiness.

Key words: Determinate growth – Indeterminate growth – Plant breeding – Agroindustry

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la agricultura, plantas y animales se han adaptado y mejorado según las necesidades del hombre, el cual ha realizado una selección de los mismos con el fin de obtener las variedades que más le sirven para alimentación, subsistencia y otros usos (vestimenta, medicina, etc.) (Cubero, 2002). Además de éstas, existen razones agronómicas para seleccionar las especies vegetales que el hombre necesita, como son ir hacia una agricultura sostenible o la utilización racional de los recursos existentes (Nadal, 2010).

Dentro de las especies vegetales que han sido mejoradas para satisfacer las necesidades de consumo están las hortalizas. Las variedades actuales son producto del mejoramiento realizado por el hombre a lo largo de los años donde, a través de diversas técnicas (selección, manipulación de ADN, mutaciones, etc), se han ido modificando sustancialmente características de la especie (resistencia a enfermedades, rendimiento, arquitectura de la planta, etc) (Camadro, 2010).

El consumo de hortalizas se ha transformado en un hábito fundamental, por una parte por la búsqueda de alimentos benéficos para la salud, así como por el incremento del ingreso de los consumidores. Cabe destacar que los cambios de estilo de vida que ha traído la urbanización, los cambios de las estructuras familiares (las mujeres han ingresado al campo laboral) y el aumento del consumo de alimentos de rápida preparación (listos para consumir, congelados), han producido cambios en la dieta en las personas (Ferratto, 2010). Actualmente los países que presentan los mayores índices de consumo de hortalizas per cápita son: Emiratos Árabes ($320 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$), Grecia ($285 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$), Corea ($235 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$) y Turquía ($210 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$) (INDAP, 2010).

En Chile, en el año 2008, el consumo de hortalizas alcanzó los $107 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$ per cápita, siendo las especies más consumidas lechuga, choclo y tomate. La mayoría de las hortalizas pueden ser consumidas en fresco o como producto procesado (jugo, pulpa, congelado, deshidratado y conservas) (Martínez, 2008). La demanda de este tipo de alimentos procesados en nuestro país ha presentado un aumento en los últimos años, el valor de las exportaciones de este tipo de productos alcanza los US\$ 1.200 millones el año 2007, con una proyección para el año 2017 de US\$ 2.961 (Martínez, 2008). En tanto la superficie cultivada con hortalizas en Chile es cercana a las 92.553 ha (INE, 2010).

Una familia de hortalizas interesante de analizar corresponde a la *Fabaceae* (leguminosas). Ésta presenta innumerables y conocidas ventajas agronómicas y nutritivas, no sólo para la alimentación humana, sino también animal. Entre las ventajas agronómicas se puede mencionar que las leguminosas se pueden utilizar como cultivos de cobertura, los cuales mejoran el nivel de fertilidad del suelo y previenen pérdidas del recurso por erosión. Además, los cultivos de cobertura agregan gran cantidad de materia orgánica al suelo. Otra ventaja agronómica es la asociación de este tipo de plantas establece con bacterias del género *Rhizobium*, en donde a través de esta vía es posible la importación de un suministro

de nitrógeno, permitiendo que las plantas utilicen directamente el N que ha sido fijado por las bacterias, no incurriéndose en gastos adicionales por la aplicación de fertilizantes inorgánicos (Urzúa, 2010).

Dentro de las leguminosas se encuentra el haba (*Vicia faba* L.), la cual ha estado sujeta a diversos estudios tendientes a evaluar su diversidad y búsqueda de nuevas variedades que presenten ventajas tanto productivas como para su manejo agronómico (Nadal, 2010).

El haba (*Vicia faba* L.) es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia *Fabaceae*, utilizada, principalmente como leguminosa de grano y hortícola, para alimentación humana y para consumo animal en menor escala (Faiguenbaum, 2003). Es posible distinguir tres variedades botánicas: *minor*, cuyas semillas son de tamaño pequeño, con un largo de 0,3 a 0,7 cm, utilizada para alimentación animal y humana; *equina*, con semillas de tamaño mediano y forma aplastada, con un largo que varía entre 1,3 y 1,7 cm, utilizada principalmente para alimentación animal y *major*, que corresponde a la más utilizada para consumo humano, cuyas semillas son grandes, anchas y aplanadas, midiendo entre 2 a 3 cm de largo. En Chile se utilizan únicamente para consumo humano cultivares de la variedad *major* (Faiguenbaum, 2003).

La superficie sembrada con haba a nivel mundial alcanzó en 2008, 2.476.809 ha de grano seco y 200.048 ha para consumo verde (FAO, 2010), siendo Argelia, China los principales productores de grano seco y Bolivia, Argelia e Irak los principales productores de grano para consumo hortícola (FAO, 2010).

En Chile la superficie sembrada con habas alcanzó 1.904 ha en 2007 (INE, 2010), presentando una considerable disminución con respecto a los datos del año 2004, donde se registraron 2.500 ha (ODEPA, 2010).

Del total producido en nuestro país, el 85% se destina a consumo fresco, siendo la región Metropolitana la que presenta la mayor superficie, con un 40% del total (Baginsky, 2008). Cerca del 30% de la producción total es destinada a la agroindustria de congelados (Faiguenbaum, 2003). En relación a los genotipos establecidos en Chile, predominan aquellos cultivares del tipo Aguadulce, a pesar de que últimamente también se han introducido variedades como Luz de Otoño, Histal y Reina Mora (Baginsky, 2008).

En el país, el cultivo destinado a la producción de hortalizas presenta un bajo nivel tecnológico, debido principalmente a que las siembras son manejadas por pequeños agricultores, con poco nivel de asociatividad, poca capacidad de innovar y acceder a nuevas tecnologías. Por lo general, estos agricultores obtienen bajos precios de venta, además de presentar altos costos de producción (Bascur, 1997). Sin embargo, si la producción es destinada a la agroindustria, los productores cuentan con un mayor nivel tecnológico, asociado al uso de semillas de mejor calidad, buen control de malezas, plagas y enfermedades (Faiguenbaum, 2003).

El cultivo del haba en Chile presentan las siguientes características (Baginsky, 2008):

- Siembra manual. Los cultivares sembrados en Chile pertenecen a la variedad *major*, las cuales presentan granos de gran tamaño, aspecto que determina la imposibilidad de ser sembrados con máquinas sembradoras neumáticas convencionales. Por otro lado siembra manual presenta algunos problemas como desuniformidad en la distribución y profundidad de la semilla.
- Hábito de crecimiento indeterminado. Las plantas con este tipo de crecimiento, a partir de cierto número de nudos vegetativos, comienzan a producir sucesivamente hacia arriba nudos reproductivos cuyo número depende del cultivar, de las condiciones ambientales y del manejo al cual las plantas están expuestas. Este hecho conlleva a que el desarrollo de las vainas y granos se produzca en forma diferida en la planta y, por lo tanto, la madurez es bastante desuniforme. Además, un porcentaje no menor de las vainas se encuentran a nivel del suelo, llegando incluso a tocarlo. Este desarrollo desuniforme ocurre también a nivel de las ramas, lo que significa que a mayor número de ramas, mayor la desuniformidad en la madurez de las vainas en la planta. Por otra parte, al existir un mayor número de ramas hay más posibilidades de tendadura o quebrazón de ellas, lo que complica aún más la cosecha.
- Cosecha manual. Este tipo de cosecha se utiliza principalmente por el tipo hábito de crecimiento indeterminado que poseen las plantas. Así, para consumo hortícola las vainas se van recolectando en distintos momentos, según se logre una madurez y calidad óptima, llegando a realizar 2 a 3 cortes (Faiguenbaum, 2003). En el caso de un cultivo para la agroindustria, se realiza sólo una cosecha. Esta práctica implica que, a medida que existan más factores de heterogeneidad en la madurez de las vainas, la calidad de las mismas se ve disminuida, existiendo granos sobre-maduros que presentan textura harinosa, sin dulzor y granos inmaduros que son parte del desecho, perdiendo con ello rendimiento y rentabilidad del cultivo.
- Baja estabilidad del rendimiento. Amplias fluctuaciones del rendimiento de una estación a otra y entre diferentes localidades. Esto se debe a que la mayoría de los cultivares utilizados presenta bajos niveles de autofertilidad, por lo cual se requiere de insectos polinizadores para la fecundación. Por la fecha en que se cultiva el haba es difícil encontrar los polinizadores (abeja y abejorro) que se necesitan para lograr una buena fecundación de las plantas (Faiguenbaum, 2003).
- Alto porcentaje de abscisión de elementos reproductivos. Este aspecto está relacionado con la baja tasa de polinización y alta competencia por asimilados dentro de la misma planta, lo que lleva a importantes pérdidas dentro del cultivo. Según Faiguenbaum (2003) del total de flores de un nudo (la inflorescencia puede tener de 2 a 6 flores, con un promedio de 3 a 4) es normal que se coseche sólo una vaina, la cual además no puede desarrollar todos sus granos, debido al aborto de algunos de ellos. Según Baginsky (2008) el porcentaje de abscisión de elementos reproductivos en haba puede ser de 90 a 95%, con más del 80% de los nudos con abscisión total.

- Bajo rendimiento industrial (porcentaje de producto cosechado que será realmente utilizado en la planta procesadora y que finalmente será vendido como producto comercial). Los valores pueden fluctuar entre un 29,8 a 39,3%, dependiendo principalmente del estado de madurez con el cual se coseche el cultivo y de la variedad (Bascur, 1997a).

Hasta la década de los '70 el mejoramiento vegetal de las leguminosas había sido dejado de lado ya que presentaban menor rendimiento total que los cereales, los cuales presentaron un desarrollo más temprano. Sin embargo, sus atractivas características nutricionales, entre ellas un alto rendimiento proteico (muy similar a la de los cereales), así como su potencial como complemento alimenticio con los mismos, han hecho que sean desarrollados programas de mejoras en leguminosas (Anónimo, 2010).

A partir de la década de los '90 el cultivo del haba ha experimentado numerosos avances tecnológicos; sin embargo, aún existen problemas que han impedido que alcance las características deseadas para la agroindustria, como rendimiento y calidad (vainas y granos de tamaño y madurez uniforme). Uno de los principales aspectos es el hábito de crecimiento indeterminado que presenta el cultivo (Rex y Faiguenbaum, 1995), sin embargo, en estos países se han desarrollado cultivares de haba de crecimiento determinado, caracterizado porque las plantas emiten en su ápice terminal una inflorescencia, mejorándose sustancialmente la calidad y rentabilidad del cultivo (Nadal, 2000).

Debido a la baja altura de las variedades de crecimiento determinado, no existen problemas de tendadura, las vainas son erectas y producidas en el ápice de la planta por lo que hay una mayor uniformidad en el desarrollo de ellas, mejorándose sustancialmente su calidad. Entre los cultivares determinados existen tres generados en España, estos cultivares son prácticamente autofértiles, por lo que la estabilidad en la producción es mayor debido a la mínima dependencia de polinizadores (Baginsky, 2008).

Además de las variedades de crecimiento determinado, se desarrollaron las llamadas habas "baby", las cuales son destinadas para consumo en grano en verde, para la agroindustria, cuyo diámetro es igual o inferior a 12 mm, además, los granos presentan una alta calidad, lo cual se traduce en mejores precios del producto (Nadal, 2010). Las habas "baby" podrían tener una buena aceptación entre los consumidores que buscan productos alimenticios de texturas tiernas y suaves. La introducción de estas nuevas variedades podrían diversificar el mercado para estos productos (FIA, 2010).

En el haba, la característica de crecimiento determinado se obtuvo del mutante de crecimiento determinado *ti*, originado por mutaciones con Rayos X por Sjödin en Suecia en el año 1965 e introducido por Larry Robertson dentro del programa de mejora del ICARDA en Siria (Nadal, 2000). Este gen es recesivo único, la característica de crecimiento indeterminado es dominante por sobre el determinado, por lo tanto los individuos determinados tendrán la condición homocigota para el alelo *ti* y las indeterminadas deben

presentar al menos uno de los dos alelos dominantes para crecimiento indeterminado, siendo homocigotas dominantes o heterocigotos (Link, 2006).

Los cultivares de crecimiento determinado se obtuvieron por medio de retrocruzamientos; donde un parental donante, con el gen *ti* (crecimiento determinado) se cruzó con otro parental (recurrente) con buenas características. Con la descendencia se realizaron sucesivos retrocruzamientos, tantas veces como fue necesario para volver a las características del genitor recurrente, pero permitiendo la autofecundación en alguna etapa inicial para obtener individuos de crecimiento determinado ya que este carácter es homocigoto y no habría sido posible visualizarlo de otra manera para seleccionarlo. Una vez obtenidas plantas de crecimiento determinado, se seleccionaron líneas para diversos caracteres como: precocidad, altura de planta, longitud de vaina, tamaño y color. Esta variabilidad existente entre las líneas fue aprovechada para seleccionar con fines industriales: conserva, congelados, etc. (Nadal, 2000).

La característica de crecimiento determinado ha sido fundamental para conseguir un avance tecnológico en el cultivo, implementando la cosecha mecanizada con un alto nivel de eficiencia, la cual no es posible realizar en las variedades de crecimiento indeterminado (Baginsky, 2008). La implementación de la cosecha mecanizada en estos cultivos permite:

- a) Evitar la dependencia de mano de obra,
- b) Mayor oportunidad de cosechar en la madurez óptima,
- c) Rapidez en la labor y
- d) Disminución de costos

Buscando desarrollar nuevos cultivares para Chile, se inició un programa de evaluación y selección de germoplasma en el cual se inserta esta memoria, cuyo objetivo general fue:

- Evaluar y seleccionar material vegetal con buenas características para la agroindustria, dentro de una población F_2 de haba.

Como objetivos específicos se planteó:

- Evaluar y seleccionar material vegetal con hábito de crecimiento determinado y otras características interesantes para la agroindustria, dentro de una población F_2 de haba.
- Evaluar y seleccionar material vegetal con hábito de crecimiento indeterminado y otras características interesantes para la agroindustria, dentro de una población F_2 de haba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Lugar

El ensayo se realizó durante la temporada 2008-2009 en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile ubicado en la comuna de La Pintana, provincia de Santiago, Región Metropolitana. El sector presenta clima templado, mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido; suelos de origen aluvial, moderados a ligeramente delgados (Comisión Nacional de Riego, 1981).

Materiales

Se utilizaron semillas procedentes del banco de germoplasma del Laboratorio de Leguminosas de Grano de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Dichas semillas fueron cultivares parentales y familia F₂, obtenidas en un estudio previo (Cuadro 1).

El material parental correspondió a variedades de crecimiento determinado e indeterminado. Se contó con cinco cultivares comerciales de crecimiento indeterminado que existen en el mercado chileno (Portuguesa INIA, Súper Agua Dulce, Luz de Otoño, Reina Mora y Agua Dulce) y 3 cultivares introducidos desde España de crecimiento determinado (Alargá, Verde Bonita, Retaca) de crecimiento determinado y una línea de mejora proveniente de ICARDA (Siria).

Cuadro 1. Cultivares parentales y cruzamientos que dieron origen a familia F₂.

Crecimiento determinado (♀)	Alargá	Verde Bonita	Retaca
Crecimiento indeterminado (♂)			
Siria ₁	X ₃₃		
Siria ₂	X ₃₄	X ₄₄	
Siria ₃	X ₃₅		X ₅₆
Siria ₄	X ₃₆		
Siria ₅		X ₄₅	
Siria ₆			X ₅₇
Siria ₇	X ₃₇	X ₄₆	
Portuguesa INIA	X ₃₈	X ₄₇	
Súper Agua Dulce ANASAC		X ₄₈	X ₅₈
Luz de Otoño	X ₃₉	X ₄₉	
Reina Mora		X ₅₀	X ₅₉
Súper Agua Dulce Agrical		X ₅₁	X ₆₀
Agua Dulce ₁	X ₄₀	X ₅₂	
Agua Dulce ₂	X ₄₁	X ₅₃	
Agua Dulce ₃		X ₅₄	X ₆₁
Agua Dulce ₄	X ₄₂		
Agua Dulce ₅		X ₅₅	
Agua Dulce ₆	X ₄₃		

Para facilitar la identificación de cada familia, éstas se denominarán sólo por el número correspondiente al cruzamiento (n), no por X_n.

La denominación y caracterización final de los parentales está descrito por el trabajo llevado a cabo por Ruiz (2008), sin embargo, en el presente estudio se caracterizaron nuevamente los parentales con el fin de hacer un paralelo entre éstos y el material F₂.

Manejo agronómico del cultivo

Preparación de suelo

La preparación del suelo se realizó mediante una aradura y dos rastrajes, para lograr un buen nivel de mullimiento.

Sistema de riego

El sistema de riego fue por cintas, separadas a 0,8 m una de la otra (separación de las hileras). Las cintas fueron colocadas inicialmente sobre la hilera al momento de la siembra y posteriormente éstas fueron ubicadas entre cada hilera de plantas, para permitir una mejor distribución del agua en el suelo.

La frecuencia de riego fue de acuerdo a la humedad del suelo, la cual fue monitoreada a través de barreno, midiendo la humedad a aproximadamente 20 cm de profundidad.

Fertilización

Las dosis de P y K se determinaron a través de un análisis de suelo. Se aplicaron 60 unidades de P_2O_5 y 40 unidades de K_2O por hectárea a la siembra forma de SPT y nitrato de K respectivamente. La dosis de N en tanto, se determinó en función del balance de N, requiriéndose 60 unidades de N, las cuales fueron aplicadas parcializadas, 25 unidades a la siembra y 35 unidades al inicio de la floración. El N utilizado en la siembra y en floración fue aplicado en forma de Urea.

Siembra

La siembra se llevó a cabo el 04 de julio de 2008, sembrándose los parentales y cada familia F_2 en hileras separadas.

El número de semillas sembradas de parentales fue de 20, en tanto que el número total de semillas de cada familia F_2 se puede observar en el Cuadro 2.

La siembra se realizó de forma manual, dejando la semilla a una profundidad aproximada de 4 a 5 cm. El marco de siembra fue de 0,8 m por 0,25 m, con lo cual se contó con una densidad de $0,2 \text{ ptas} \cdot \text{m}^{-2}$.

Previo al inicio de floración (aproximadamente 10 días antes), se colocó una “Jaula” con malla antiáfido, evitando de este modo la polinización cruzada y forzando la autopolinización.

Cuadro 2. Número de individuos F₂ sembrados por cada familia.

Familia	Número de semillas
33	38
34	75
35	52
36	98
37	54
38	55
39	37
40	43
41	51
42	69
43	53
44	94
45	65
46	56
47	37
48	38
49	49
50	66
51	70
52	86
53	90
54	38
55	24
56	66
57	61
58	49
59	59
60	59
61	65

Control de malezas

Las principales malezas observadas fueron: Maicillo (*Sorghum halepense*), brásicas (*Brassica sp.*) y chépica (*Cynodon dactylon*).

Previo a la emergencia se aplicó una mezcla de Pendimethalin y Linurón, en una dosis correspondiente a la relación 3:1 L· ha⁻¹ de producto comercial, respectivamente. Las malezas como maicillo, chépica, algunas brásicas que no fueron controladas por los herbicidas fueron controlados con una aplicación de Glifosato, en una dosis de 170 cc por cada 8 L de agua. Esta aplicación fue llevada a cabo entre las hileras y con pantalla, evitando tocar las plantas para no dañarlas. Además, se realizó limpieza manual del cultivo, en forma complementaria.

Plagas y enfermedades

Se efectuaron dos aplicaciones contra plagas, una para el control de larva minadora (*Lyriomiza huidobrensis*) y otra para el control de pulgones. Para larva minadora se utilizó Trigard en dosis de 125 g·ha⁻¹ de ingrediente activo y para el control de pulgones se utilizó una mezcla de Mospilán (135 g·ha⁻¹) y Break (30 ml·100 L de agua). Las aplicaciones se realizaron en forma manual con motobomba de espalda.

En aquellos casos en que las plantas presentaran virosis no se cosecharon ya que esta enfermedad se transmite por semillas.

Cosecha

La cosecha se realizó durante los meses de enero y febrero de 2009. Ésta fue llevada a cabo en forma manual, planta por planta. El momento de cosecha fue al estado de grano seco.

Evaluaciones

Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron diferentes mediciones a cada familia y a cada planta en las familias F_2 . En los cultivares parentales se midieron sólo 10 plantas parentales puesto que éstos sólo se utilizaron como parámetro de comparación con las familias F_2 .

Luego de la emergencia se evaluó el número definitivo de plantas, con el fin de determinar la población final del cultivo.

A través de evaluación visual, se determinó el momento en el cual las plantas se encontraran en los distintos estados de desarrollo, entre los cuales están:

- **Fecha de emergencia:** Cuando el 50% de las plantas de la familia emergieron.
- **Inicio de floración:** estado en el que el 50% de las plantas de una familia presentaron su primera flor abierta.
- **Cosecha en verde:** Cuando cada familia estuvo en condiciones de cosecha en verde. Debido a que se requería contar con las semillas al estado de grano seco, se utilizaron parámetros estimativos para determinar este momento.

Una vez determinado el momento en que hubiese ocurrido la madurez para cosecha en verde, se midieron en las plantas los siguientes parámetros:

- **Altura de la planta en el eje central (cm):** se midió con huincha métrica desde la base del tallo a nivel de suelo hasta la inserción de hoja más alta del tallo principal.
- **Altura de inserción de la primera vaina (cm):** se midió con huincha métrica desde la base del tallo hasta la posición de la primera vaina en el eje central.
- **Tipo de crecimiento:** se midió de manera visual si las plantas presentan crecimiento determinado o indeterminado.
- **Nº de nudos vegetativos:** se contabilizó este parámetro en el eje central de la planta.
- **Posición de vainas:** se evaluó si las vainas presentaban una posición erecta o decumbente.
- **Nº de vainas por planta:** se contabilizó el número total de vainas en cada planta.
- **Largo y ancho de la vaina (cm):** medida con huincha métrica. Se midieron 5 vainas por planta sin cosecharlas y se calculó el promedio.
- **Nº de ramas productivas e improductivas:** se contabilizó el número de ramas que originaron y no originaron vainas en la planta.
- **Susceptibilidad a enfermedades:** se estimó si las plantas presentaban alguna enfermedad, considerando un nivel de alto, medio o bajo.
- **Tendedura de plantas (%):** Del total de plantas establecidas se determinó cuantas sufrieron tendadura.

Una vez efectuadas las mediciones, se esperó a la madurez fisiológica y secado de las semillas para recolectar aquellas correspondientes a las familias seleccionadas.

Las familias fueron cosechadas al estado de grano seco y en ese momento se realizaron las mediciones de los siguientes parámetros

- **Dehiscencia:** se estimó considerando valores alto, medio y bajo.
- **Número de vainas por planta.**
- **Número de granos por vaina.**
- **Peso semillas secas (g):** medida en balanza. Se pesaron 5 semillas por planta.
- **Tamaño de semillas (cm):** Se midieron con regla el largo y ancho de 5 semillas por planta.

Análisis estadístico:

Se utilizó la prueba Chi-cuadrado para comprobar si los porcentajes de plantas con hábito de crecimiento determinado e indeterminado corresponden a los esperados.

Considerando los parámetros evaluados en cada familia se realizó una selección de los materiales más adecuados. Se establecieron índices de selección y se usaron promedios para determinar las familias que cumplían con los criterios deseados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estados fenológicos

Se analizó la duración del ciclo de desarrollo, tanto en las familias F_2 como en los cultivares parentales. Los resultados se pueden observar en los cuadros 3 y 4 respectivamente. En ellos se presenta el desfase entre el periodo que va desde siembra a emergencia, desde emergencia a floración y desde floración a cosecha en estado verde.

Fecha de emergencia

Las familias F_2 evaluadas mostraron fechas de emergencia entre el 29 de julio y el 2 de agosto, 27 a 31 días después de la siembra (DDS). En los cultivares parentales, la emergencia de las plantas se produjo entre el 26 de julio y el 01 de agosto (24 y 30 DDS respectivamente).

Ruiz (2008) evaluó los mismos cultivares utilizados como parentales, determinando que los días entre siembra y emergencia fueron 27, no registrándose diferencias entre los cultivares de crecimiento determinado y los de crecimiento indeterminado. Briones (2009) evaluó los cultivares determinados y estableció que la fecha de emergencia, se produjo 25 DDS. Es decir, las fechas de emergencia registradas para las familias F_2 se ajustan a los valores obtenidos para los parentales descritos en la bibliografía.

Fecha de floración

La fecha de floración de las familias F_2 se concentró entre el día 25 y 30 de septiembre (85 y 90 DDS, respectivamente). En los cultivares parentales, la fecha de floración fue ligeramente más tardía, lo que originó en un mayor periodo entre siembra a floración (88 y 92 DDS) (cuadros 3 y 4, respectivamente).

En variedades de crecimiento determinado Ruiz (2008) registró 92 días entre siembra y floración. En el mismo estudio se registraron entre 83 y 89 días entre siembra y floración respectivamente para las variedades de crecimiento determinado. Por lo tanto las fechas de emergencia registradas para las familias F_2 y las variedades parentales se ajustan a los valores obtenidos en estudios anteriores.

Fecha de cosecha en verde

La fecha estimada de cosecha en verde para las familias F_2 evaluadas fluctuó entre el 2 y 10 de noviembre (entre 123 y 131 DDS). Para los cultivares parentales la fecha de floración se concentró entre el 28 de septiembre (88 DDS) y 02 de octubre (130 DDS). Con esto se puede deducir que la cosecha de los cultivares parentales se realizaría con anterioridad a la cosecha de las familias F_2 evaluadas.

Cuadro 3. Fechas y número de días acumulados en plantas de las familias F_2 , para alcanzar diferentes estados de desarrollo.

Familia	Emergencia	DDSE ¹	Floración	DDSF ²	DDSC ³
33	30-Jul	28	25-Sep	85	130
34	29-Jul	27	25-Sep	85	130
35	30-Jul	28	25-Sep	85	135
36	30-Jul	28	25-Sep	85	130
37	01-Ago	30	25-Sep	85	135
38	01-Ago	30	30-Sep	90	135
39	30-Jul	28	25-Sep	85	130
40	30-Jul	28	25-Sep	85	130
41	01-Ago	30	25-Sep	85	140
42	01-Ago	30	25-Sep	85	140
43	30-Jul	28	25-Sep	85	140
44	29-Jul	27	25-Sep	85	140
45	30-Jul	28	30-Sep	90	140
46	30-Jul	28	30-Sep	90	140
47	01-Ago	30	30-Sep	90	140
48	01-Ago	30	25-Sep	85	130
49	30-Jul	28	25-Sep	85	130
50	02-Ago	31	25-Sep	85	130
51	29-Jul	27	30-Sep	90	130
52	30-Jul	28	30-Sep	90	130
53	30-Jul	28	25-Sep	85	130
54	01-Ago	30	25-Sep	85	130
55	02-Ago	31	25-Sep	85	140
56	29-Jul	27	30-Sep	90	140
57	30-Jul	28	30-Sep	90	130
58	30-Jul	28	25-Sep	85	130
59	01-Ago	30	25-Sep	85	130
60	30-Jul	28	25-Sep	85	130
61	29-Jul	27	30-Sep	90	130
62	01-Ago	30	30-Sep	90	140

¹DDSE: Días desde siembra a emergencia

²DDSF: Días desde siembra a floración

³DDSC: Días desde siembra a cosecha en verde

Cuadro 4. Fechas y número de días acumulados en plantas de cultivares parentales, para alcanzar diferentes estados de desarrollo.

Familia	Siembra	Emergencia	DDSE ¹	Floración	DDSF	Crec vaina	DDSC
Alargá	02-Jul	26-Jul	24	02-Oct	92	10-Oct	127
Verde Bonita	02-Jul	26-Jul	24	02-Oct	92	10-Oct	123
Retaca	02-Jul	29-Jul	27	01-Oct	91	11-Oct	123
S ₁	02-Jul	29-Jul	27	28-Sep	88	14-Oct	128
S ₂	02-Jul	01-Ago	30	30-Sep	90	13-Oct	129
S ₃	02-Jul	01-Ago	30	28-Sep	88	14-Oct	129
S ₄	02-Jul	26-Jul	24	28-Sep	88	14-Oct	131
S ₅	02-Jul	26-Jul	24	30-Sep	90	14-Oct	129
S ₆	02-Jul	29-Jul	27	01-Oct	91	11-Oct	129
S ₇	02-Jul	29-Jul	27	01-Oct	91	14-Oct	128
Portuguesa INIA	02-Jul	26-Jul	24	30-Sep	90	14-Oct	129
SAD ANASAC	02-Jul	29-Jul	27	01-Oct	91	11-Oct	129
Luz de Otoño	02-Jul	01-Ago	30	28-Sep	88	10-Oct	123
Reina Mora	02-Jul	26-Jul	24	30-Sep	90	11-Oct	129
SAD Agrical	02-Jul	26-Jul	24	30-Sep	90	10-Oct	129
AD ₁	02-Jul	26-Jul	24	01-Oct	91	14-Oct	129
AD ₂	02-Jul	29-Jul	27	28-Sep	88	11-Oct	129
AD ₃	02-Jul	01-Ago	30	28-Sep	88	10-Oct	129
AD ₄	02-Jul	26-Jul	24	01-Oct	91	10-Oct	131
AD ₅	02-Jul	26-Jul	24	01-Oct	91	14-Oct	128
AD ₆	02-Jul	29-Jul	27	30-Sep	90	14-Oct	129

¹DDSE: Días desde siembra a emergencia

²DDSF: Días desde siembra a floración

³DDSC: Días desde siembra a cosecha en verde

El registro de los estados de desarrollo permite tener una referencia de la precocidad de las variedades en estudio, sin embargo se ha indicado que la precocidad medida en número de días es un parámetro poco preciso (Faiguenbaum, 1986).

Es importante mencionar que la fecha de siembra no fue la adecuada para el cultivo (04 julio), ya que para la Región Metropolitana se recomienda que la fecha de siembra sea entre fines de abril y mediados de junio. Siembras tardías determinan disminuciones en el rendimiento, menor crecimiento de la planta, número de vainas por plantas y peso de las vainas.

Caracterización del crecimiento de las plantas

Tipo de crecimiento

El haba se describe como una especie de crecimiento indeterminado y por ello las plantas presentan un amplio espectro de maduración de vainas, con calidades poco homogéneas en los granos (color, sabor, grosor de la testa, dureza del grano, etc.) (Nadal, 2000). Esto se debe a que a partir de un cierto número de nudos vegetativos, tanto en el eje central como en las ramas, comienzan a aparecer nudos reproductivos en forma progresiva, en la medida que crece la planta en altura; por lo tanto en una misma planta se pueden encontrar, en un mismo momento, vainas inmaduras, vainas en un óptimo estado de madurez de cosecha en verde y vainas sobre maduras. Esta característica es indeseable para la agroindustria, la cual busca en un cultivo, además de buenos rendimientos, buenas calidades de los productos en términos de la calidad de los granos. Con el objeto de lograr estas características los fitomejoradores han desarrollado variedades de crecimiento determinado, a través de un mutante generado por rayos X. Este tipo de plantas concentran su producción en el tercio superior y pueden ser cosechadas de una sola vez, disminuyendo los costos de mano de obra, presentando un producto final homogéneo y de buena calidad organoléptica (Nadal, 2004 y 2010).

Dado que las plantas F_2 provienen de un cruzamiento entre plantas determinadas e indeterminadas (Cuadro 1) se evaluó la presencia de esta característica en cada una de estas familias, además se corroboró si los resultados obtenidos se aplicaron a lo esperado para el tipo de cruzamiento (Figura 1). Para esto se utilizó la prueba Chi-cuadrado para cada familia, en donde el valor Chi-cuadrado obtenido (1,08) fue menor al valor tabulado (3,841 con $\alpha=0,05$ con 1 gl) por lo cual se cumple con la proporción esperada (Apéndice 1).

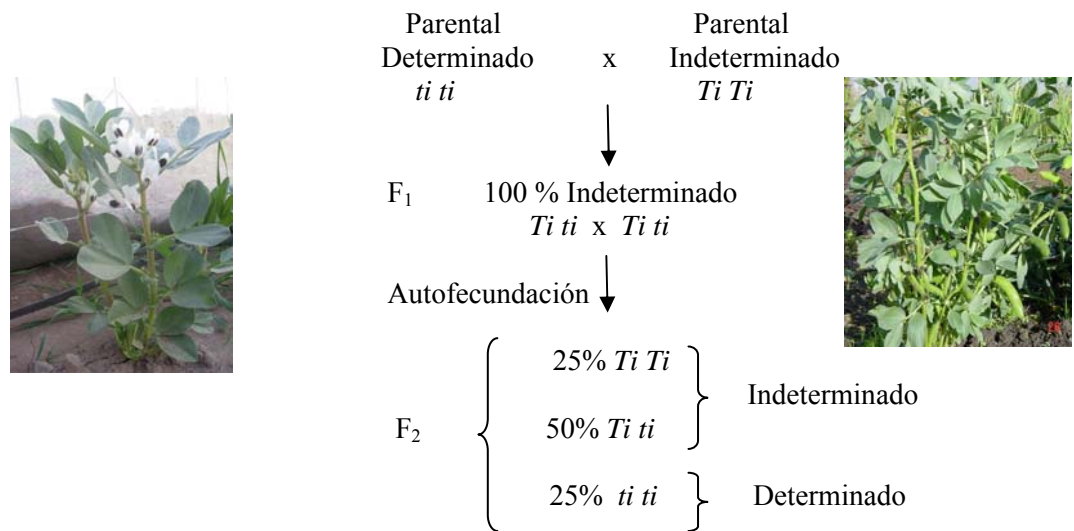


Figura 1. Genotipos y fenotipos esperados con hembra de crecimiento determinado y macho de crecimiento indeterminado

Para la selección del material, se separaron las plantas de cada familia F₂ según el hábito de crecimiento que presentaban (determinado e indeterminado) (Cuadro 5). En cada una de las evaluaciones siguientes los datos son entregados por familia y por hábito de crecimiento para una mayor claridad del análisis.

Cuadro 5. Porcentaje de plantas con hábito de crecimiento determinado e indeterminado para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Crecimiento	Crecimiento
	Determinado	Indeterminado
	%	
33	27,5	72,5
34	43,3	56,7
35	23,3	76,7
36	23,3	76,7
37	23,3	76,7
38	16,7	83,3
39	20,0	80,0
40	13,3	86,7
41	16,7	83,3
42	13,3	86,7
43	10,0	90,0
44	20,0	80,0
45	16,7	83,3
46	20,0	80,0
47	13,3	86,7
48	13,3	86,7
49	16,7	83,3
50	26,7	73,3
51	23,3	76,7
52	30,0	70,0
53	26,7	73,3
54	20,0	80,0
55	20,0	80,0
56	23,3	76,7
57	16,7	83,3
58	26,7	73,3
59	13,3	86,7
60	13,8	86,2
61	23,3	76,7

Altura de la planta

El haba normalmente alcanza alturas que varían entre 0,5 y 1,5 m en variedades de crecimiento indeterminado (Faiguenbaum, 2003) y entre 0,54 y 0,63 m en variedades de crecimiento determinado (Baginsky, 2008).

La altura de la planta se relaciona con factores que pueden ser desfavorables para el cultivo: tendedura, gran número de nudos reproductivos que si bien están relacionados directamente con la productividad también ocasionarán desuniformidad de la producción; además plantas demasiado altas imposibilitan cosechas mecanizadas, ya que no se cuenta con la maquinaria apropiada para ello (Nadal, 2004).

En aquellas familias F_2 de crecimiento determinado, las plantas de menor altura provenían del cruzamiento entre Verde Bonita y Siria (Cuadro 1), alcanzando tan sólo 35 cm (Cuadro 6); en cambio en el cruzamiento entre Retaca y Súper Agua Dulce se presentó la mayor altura, alcanzando 68,75 cm. En las familias de crecimiento indeterminado la menor altura registrada fue 67,17 cm correspondiente al cruzamiento entre la variedad Alargá y Siria; y la mayor altura 139,04 cm obtenido del cruzamiento entre Alargá y Agua Dulce.

En los cultivares parentales la altura de planta varió entre 46,3 y 56,8 cm para los cultivares de hábito de crecimiento determinado, Retaca y Alargá respectivamente. En los cultivares con crecimiento indeterminado la altura varió entre 64,8 cm en la variedad Luz de Otoño y 130 cm en la variedad Portuguesa INIA. En el Apéndice 2 se pueden observar todos los valores analizados para los cultivares parentales.

Para la selección del material requerido se buscaron preferentemente plantas de tamaño pequeño, debido a que para una cosecha mecanizada éstas no debieran sobrepasar 1 m de altura, optimizándose esta labor y evitándose pérdidas importantes en el rendimiento¹. En las familias de crecimiento determinado no se estableció una altura de selección, ya que la alcanzada por las plantas en estas familias no superó 1m.

En la población de crecimiento indeterminado se eliminaron las familias que tuvieran una altura superior a 1 m, a menos que una familia presentara alguna otra característica interesante de ser analizada, como por ejemplo altura de inserción de la primera vaina, tamaño de granos o número de granos por planta.

¹ Cecilia Baginsky. Ing. Agr. Dr. Cátedra Cultivos Escardados, U. de Chile, Fac. Cs. Agronómicas, Chile. (Comunicación personal).

Cuadro 6. Altura promedio de plantas de cada familia F₂ evaluada.

N°	cm		
	Determinado	Indeterminado	
33	44,50	80,86	
34	49,08	77,65	
35	41,43	67,17	
36	44,43	75,22	
37	67,14	135,87	*
38	63,00	115,20	*
39	60,00	151,67	*
40	47,50	139,04	*
41	60,00	99,20	
42	48,75	123,27	*
43	61,67	123,70	*
44	36,67	89,17	
45	35,00	96,60	
46	48,33	113,96	*
47	61,25	113,08	*
48	50,00	117,31	*
49	62,00	98,00	
50	41,25	98,86	
51	42,14	103,91	*
52	45,56	130,71	*
53	60,00	128,41	*
54	53,33	111,88	*
55	49,17	69,76	
56	53,57	81,30	
57	46,00	81,40	
58	55,00	133,41	*
59	53,75	93,85	
60	68,75	85,20	
61	58,57	84,13	

* Familias descartadas por criterio de altura de planta.

Altura de inserción de la primera vaina

Analizar la altura de inserción de la primera vaina es importante ya que de esta característica depende en gran parte la posibilidad de mecanizar la cosecha, siendo una labor llevada a cabo en la actualidad por la agroindustria en países como España. En los cultivares presentes en el mercado nacional, realizar una cosecha mecanizada es prácticamente imposible, ya que muchas veces el punto de inserción de la primera vaina está muy cerca del suelo y cuando las vainas son largas, las primeras tocan el suelo y se pierden en el momento de cosechar (Robertson y Filippetti, 1991).

La altura de inserción de la primera vaina registrada para las familias F_2 de crecimiento determinado fluctuó entre 16,7 y 48,8 cm (Cuadro 7). En tanto en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado este valor varió entre 18,3 y 38,5 cm. En los cultivares parentales se registraron alturas de inserción de la primera vaina entre 21,4 y 25,9 cm para las de crecimiento determinado y entre 11,8 y 23,8 cm para los de crecimiento indeterminado (Apéndice 2).

Para la presente selección se buscó preferentemente alturas de inserción mayores a los 25 cm; no obstante en las familias de crecimiento indeterminado esta altura fue más baja que la obtenida para las plantas de crecimiento determinado y por ello se bajó el valor de este parámetro a 20 cm, pensando en otras características deseables que alguna familia pudiese presentar y que por haber sido eliminada por este criterio no fue seleccionada. Este número además se comparó con el largo de la vaina, de manera que aun cuando el punto de inserción de la primera vaina fuese alto, esta vaina no estuviera cerca o tocara el suelo. Este parámetro se describirá más adelante, al momento de analizar el largo de vaina.

Cuadro 7. Altura de inserción de la primera vaina para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Altura de inserción 1º vaina	
	Determinado	Indeterminado
	cm	
33	22,75 *	25,00
34	26,54	25,82
35	20,71 *	23,61
36	24,00 *	22,48
37	39,29	38,48
38	38,00	24,80
39	18,33 *	22,92
40	17,50 *	22,69
41	25,00	22,40
42	22,50 *	18,85 *
43	33,30	26,11
44	16,67 *	18,54 *
45	18,00 *	18,60 *
46	27,50	36,04
47	31,25	31,15
48	21,25 *	19,62 *
49	28,00	19,00 *
50	18,75 *	18,64 *
51	21,43 *	20,87
52	21,67 *	18,33 *
53	37,50	18,64 *
54	33,33	29,38
55	31,67	30,95
56	40,71	19,91 *
57	26,00	23,60
58	26,25	22,27
59	35,00	30,38
60	48,75	28,00
61	37,86	29,13

* Familias descartadas por criterio de altura de inserción de la primera vaina.

Número de nudos vegetativos

Las familias de crecimiento determinado analizadas presentaron entre 2,5 y 7,1 nudos vegetativos en tanto que en las familias de crecimiento indeterminado este valor fluctuó entre 3,3 y 9,9 nudos vegetativos (Cuadro 8).

En los cultivares parentales de crecimiento determinado el número de nudos vegetativos varió entre 4,7 y 5,4, siendo estos valores muy similares a los obtenidos por los cultivares de crecimiento indeterminado (4,4 y 5,4). Esto coincide con lo indicado por Faiguenbaum (2003) en términos de que el número de nudos vegetativos es bastante estable en las variedades del tipo *major*. A pesar de lo anterior este autor indica que el promedio es de 6 a 7 nudos vegetativos en esta variedad botánica, lo cual no es tan coincidente con estos resultados.

Este parámetro no se tomó en cuenta al momento de seleccionar variedades de interés para la agroindustria.

Cuadro 8. Promedio de número de nudos vegetativos para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Nudos veg.	
	Determinado	Indeterminado
	Número	
33	6,1	6,5
34	7,1	7,2
35	4,4	4,6
36	7,1	6,6
37	5,1	5,3
38	6,2	5,3
39	3,2	9,9
40	3,8	4,8
41	5,6	4,5
42	2,5	4,1
43	3,7	4,3
44	4,8	4,5
45	3,6	5,2
46	3,7	5,1
47	5,5	5,7
48	4,7	5,9
49	3,8	5,1
50	2,6	4,9
51	4,4	3,8
52	4,6	3,3
53	4,5	3,5
54	3,8	4,5
55	5,0	5,7
56	5,0	5,3
57	5,4	5,1
58	4,6	3,7
59	5,0	5,4
60	5,3	5,1
61	5,1	4,4

Tendedura

La tendedura de las familias F_2 evaluadas fluctuó entre 0 y 66,67% en las poblaciones con crecimiento determinado y en las plantas con hábitos de crecimiento indeterminado los valores fluctuaron entre 0 y 57,1% (Cuadro 9).

En la selección de las familias interesantes se descartaron las familias que presentaron un porcentaje de tendedura por sobre 50%, ya que esto señala debilidad en los tallos y posibles problemas en la cosecha.

La tendedura es un parámetro asociado generalmente a la altura y grosor de los tallos de las plantas. Para disminuir la tendedura es necesario que las plantas posean tallos cortos y gruesos. En los cultivares de crecimiento determinado, debido a su baja altura, existe una menor probabilidad de que se presente este problema tendedura (Ruiz, 2008).

Cuadro 9. Porcentaje de plantas que presentaron tendedura para cada familia F₂ evaluada.

N° Familia	Tendedura	
	Determinado	Indeterminado
	%	
33	0,0	0,0
34	7,7	11,8
35	0,0	0,0
36	14,3	0,0
37	0,0	21,7
38	0,0	0,0
39	33,3	50,0 *
40	0,0	11,5
41	0,0	0,0
42	50,0 *	0,0
43	66,7 *	29,6
44	0,0	0,0
45	0,0	16,0
46	0,0	0,0
47	0,0	0,0
48	0,0	26,9
49	60,0 *	12,0
50	0,0	9,1
51	0,0	0,0
52	22,2	57,1 *
53	50,0 *	41,7
54	33,3	12,5
55	0,0	14,3
56	28,6	13,1
57	0,0	8,0
58	37,5	54,6 *
59	0,0	0,0
60	25,0	8,0
61	28,6	0,0

* Familias con porcentajes de tendedura mayores a 50%

Número de ramas productivas e improductivas

A partir de los nudos basales se pueden originar entre 1 y 5 ramas por planta. El número dependerá de diversos factores como cultivar, población de plantas, fertilidad de suelo y de la fecha de siembra.

El número de ramas presenta gran importancia en el rendimiento, ya que éstas pueden llegar a aportar entre un 70 y 80% al rendimiento total de la planta cuando se siembra en fechas óptimas el cultivo (Faiguenbaum, 2003).

Como se ha indicado anteriormente el ideotipo que se busca en el presente estudio debe cumplir con ciertos requisitos que permitan en la planta una cosecha mecanizada o que logre una madurez de las vainas lo más homogénea posible, así como altos rendimientos. Se espera que las plantas posean pocas ramas, y a la vez que el porcentaje de ramas productivas (es decir, aquellas que produzcan vainas comerciales) respecto al total de ramas, ojalá sea sobre el 65%. En caso de que una familia haya presentado un porcentaje menor al indicado fue eliminada, salvo que hubiese presentado otras características botánicas y de rendimiento que la haya identificado como una buena línea, y por ello se mantuvo en la selección. En el Cuadro 10 se puede observar la medición de ramas productivas e improductivas por familia, además el porcentaje de ramas productivas, respecto del total.

En el caso de haba, las ramas van produciendo vainas diferidas en el tiempo, por lo cual se presenta una desuniformidad en la planta. Además a medida que la planta va creciendo y se van llenando los granos, las ramas se van alejando del eje central y finalmente terminan quebrándose debido al peso (Faiguenbaum, 2003).

Cuadro 10. Número de ramas productivas, improproductivas y porcentaje de ramas productivas sobre el total, para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Porcentaje (%) ramas productivas		Nº ramas productivas		Nº ramas improproductivas	
	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado
33	54,6 *	80,2	2,4	3,1	2,1	0,8
34	67,8	68,5	3,2	4,8	1,7	1,7
35	73,3	77,6	4,0	3,5	1,4	1,1
36	68,8	71,4	3,0	3,2	1,4	1,3
37	62,9	76,1	3,4	3,6	2,0	1,2
38	65,3	78,6	3,4	3,5	1,8	1,0
39	64,9 *	69,9	4,5	3,1	2,5	1,3
40	62,2 *	83,1	3,8	4,9	2,5	1,2
41	60,3 *	82,7	2,4	3,7	1,6	0,8
42	69,2	68,1	3,3	3,4	1,5	1,7
43	71,0	70,7	5,7	3,3	2,3	1,4
44	75,0	72,7	3,3	3,8	1,2	1,4
45	68,7	67,0	3,4	2,6	1,6	1,3
46	80,6	53,5 *	2,2	2,0	0,7	1,8
47	43,3 *	75,8	2,3	2,4	3,0	0,8
48	65,8	78,1	3,5	3,1	1,5	0,9
49	72,0	75,9	2,6	2,9	1,2	1,0
50	65,2	66,9	3,5	1,9	2,0	1,1
51	78,6	76,5	1,4	2,7	0,6	1,0
52	72,4	72,8	2,1	3,1	0,9	1,3
53	41,7 *	70,7	1,5	2,2	2,1	1,1
54	87,7	85,7	0,7	0,6	0,7	0,6
55	59,7 *	71,4	2,0	2,3	1,3	1,1
56	79,3	89,7	3,1	3,1	0,9	0,4
57	86,7	89,6	2,6	3,2	0,4	0,4
58	82,5	56,1 *	3,0	1,6	0,8	1,3
59	79,2	79,5	2,5	2,6	0,8	0,8
60	71,2	77,2	3,3	2,8	1,3	1,0
61	65,5	79,2	2,1	2,3	1,3	0,7

* Familias descartadas por criterio de porcentaje de ramas productivas sobre el total

Las plantas de crecimiento determinado pertenecientes a la familia 33, a pesar de presentar un bajo porcentaje de ramas productivas fue seleccionada igualmente, debido a su rendimiento en granos por planta (50,41) y número total de granos por planta (20,88 gr pta^{-1}), valores que fueron más altos dentro de las familias cosechadas.

Caracterización reproductiva y de rendimiento de las familias evaluadas

Largo y ancho de vaina

La longitud de vaina en las plantas de crecimiento determinado de familias F_2 varió entre los 4,15 y 20,77 cm, y el ancho entre 0,73 y 3,67 cm. En las plantas de crecimiento indeterminado el largo de vaina varió entre 5,65 y 25,41 cm, el ancho entre 0,97 y 3,42 cm (Cuadro 11).

El ancho de la vaina no fue un parámetro utilizado para seleccionar, sin embargo, el largo de vaina fue importante de analizar ya que se requiere de vainas cortas pero que presenten un alto número de granos. Esto obedece, por un lado, a que se requiere que las vainas estén a una altura suficiente (ojalá sobre los 25 cm) con el objeto de realizar la cosecha mecanizada; y por otro lado, a medida que los granos llenen totalmente el interior de los capis (es decir, que no pueden quedar espacios vacíos) se logra un mayor rendimiento industrial (porcentaje de grano en relación al capis completo)².

Para la selección se utilizó sólo el parámetro de largo de vaina. La selección de familias se realizó comparando el largo de vaina con la altura de inserción de la primera vaina, eliminando aquellas familias que presentaron un largo de vaina mayor o muy similar a la altura de inserción de la primera vaina (Cuadro 11). Además se descartaron también aquellas familias que a pesar de presentar una altura de inserción superior a 25 cm, pero el tamaño de vainas superó los 15 cm, salvo en el caso de la familia 41.

En el Cuadro 11 se presentan los valores obtenidos en las familias F_2 tanto de hábito de crecimiento determinado e indeterminado, se seleccionaron las familias que presentaron un largo de vaina compatible con una cosecha mecanizada.

² Cecilia Bagisky G. Ing. Agr. Dr. Cátedra Cultivos escardados, U. de Chile, Fac. Cs. Agronómicas, Chile. (Comunicación personal)

Cuadro 11. Tamaño de vaina (largo y ancho) para cada familia F₂ evaluada.

N° Familia	Determinado		Indeterminado		Determinado	Indeterminado
	Largo vaina	Inserción 1°	Largo vaina	Inserción 1°	Ancho vaina	
		vaina		vaina		
		cm				
33	7,39	22,75	7,27	25,00	1,61	1,64
34	8,14	26,54	7,64	25,82	1,65	1,62
35	5,70	20,71 *	5,65	23,61	1,36	1,22
36	12,14	24,00	13,13 *	22,48	1,59	1,93
37	9,89	39,29	9,96	38,48	1,69	1,77
38	15,02	38,00	14,49	24,80	1,80	1,84
39	20,77	18,33 *	22,10 *	22,92	2,15	2,36
40	19,65	17,50 *	20,08 *	22,69	2,44	2,03
41	12,58 *	25,00	13,73 *	22,40	1,30	1,18
42	5,83	22,50 *	10,06	18,85 *	0,73	0,97
43	7,30	33,30	9,43	26,11	0,78	1,64
44	6,73	16,67 *	12,52	18,54 *	0,97	1,66
45	5,16	18,00 *	10,92	18,60 *	1,02	2,10
46	18,47 *	27,50	12,86	36,04	1,76	1,03
47	14,18	31,25	14,27	31,15	1,46	1,65
48	4,15	21,25 *	21,18	19,62 *	0,86	2,28
49	12,08	28,00	22,16	19,00 *	1,79	2,20
50	5,80	18,75 *	22,21	18,64 *	2,12	2,13
51	11,74	21,43 *	21,16 *	20,87	2,20	2,19
52	6,53	21,67 *	25,41	18,33 *	2,18	2,44
53	20,63 *	37,50	23,04	18,64 *	2,51	2,40
54	7,53	33,33	7,31	29,38	3,67	3,42
55	14,90	31,67	14,69	30,95	1,80	1,85
56	7,47	40,71	8,18	19,91 *	1,41	1,60
57	9,40	26,00	9,62	23,60	1,74	1,82
58	4,43	26,25	5,71	22,27	2,00	2,50
59	9,39	35,00	10,73	30,38	1,53	1,32
60	9,80	48,75	9,67	28,00	1,65	1,64
61	10,79	37,86	10,90	29,13	1,78	1,73

■ Familias descartadas principalmente por criterio de largo de vaina y en segundo lugar por altura de inserción de la primera vaina

Una vez realizado el estudio y eliminación de algunas familias en función de su altura de planta, de la altura de inserción de la primera vaina, tendedura, etc, y además considerando otros parámetros como presencia de virosis en algunas familias, finalmente se cosecharon 14 familias de crecimiento determinado e indeterminado, estas familias fueron: 33, 34, 35, 37, 38, 46, 47, 54, 55, 56, 57, 59, 60 y 61. Con estas familias se continuó el análisis de calidad de crano, rendimiento y sus componentes.

Tamaño de granos

Chile es un país en donde el consumo de habas es principalmente hortícola y dentro de éste, se prefiere un grano de calibre grande. Cabe destacar además, que los principales destinos de la exportación de haba congelada son países que también consumen haba de grano grande (China, Japón). Sin embargo, en otros países como Francia, España e Inglaterra, son preferidos los granos pequeños, los que a su vez son cosechados en estados bastante inmaduros, denominándose a estas variedades habas tipo “baby”, en donde los granos tienen un diámetro que no sobrepasa los 12 mm. Este producto, debido a su escaso desarrollo, presenta características organolépticas bastante apetecidas por los consumidores, como textura suave y testa blanda (Nadal, 2000). Este tipo de haba es destinada tanto al mercado fresco como a la agroindustria, además, al poseer las características antes mencionadas, este producto alcanza mejores precios en el mercado (Nadal, 2000).

En el presente estudio se intentó encontrar aquellos cruzamientos que originaran granos pequeños, sin embargo, en ninguna familia se desarrolló este tipo de granos al estado de grano seco, incluso las familias F_2 de crecimiento determinado e indeterminado originaron granos más grandes que los parentales. Este hecho se puede deber al vigor híbrido o heterosis, es decir los descendientes pueden alcanzar mejores características que los padres que los originaron (Loomis and Connor, 2002).

En el Cuadro 12 se presentan los tamaños de granos, medidos en largo y ancho, para cada familia F_2 evaluada, descrita para las plantas de crecimiento determinado e indeterminado, respectivamente.

El no haber conseguido granos de tamaños pequeños se pudo haber debido a que la característica de grano pequeño presente en las variedades parentales de crecimiento determinado esté dominada por el tamaño de grano grande de los cultivares parentales de crecimiento indeterminado³. Además al presentarse pocos granos por planta en las plantas de las familias F_2 evaluadas (Cuadro 4), los asimilados podrían haber sido distribuidos entre menos granos, lo cual produciría granos de mayor tamaño (Taiz, 2006).

³ Ricardo Pertuzé. Ing. Agr. Ph.D. Fitomejorador, U. de Chile, Fac. Cs. Agronómicas, Chile. (Comunicación personal).

Cuadro 12. Tamaño de grano (largo y ancho) para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Largo de grano		Ancho de grano	
	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado
	Cm			
33	3,3	3,4	2,4	2,4
34	3,2	3,0	2,1	2,8
35	4,4	3,6	2,1	2,3
37	4,0	4,0	2,8	2,7
38	4,2	4,1	2,9	2,9
46	2,7	3,4	1,9	2,3
47	2,4	4,0	2,1	2,8
54	3,4	3,5	2,4	2,6
55	2,3	3,7	1,8	2,8
56	2,8	3,1	1,9	2,2
57	3,4	4,0	2,3	2,7
59	3,3	3,7	2,2	2,1
60	2,9	3,7	1,6	2,8
61	3,2	3,6	2,2	2,6

Caracterización de Rendimiento

En el presente estudio y dado que se requiere obtener semillas de aquellas plantas que resultaron más promisorias en función de presentar mejores características para la cosecha mecanizada, calidad de grano y rendimiento; se evaluaron diferentes parámetros tales como producción de vainas por planta, número de granos por vaina, número total de granos por planta, tamaño de granos (largo y ancho), peso de grano seco y peso total de granos secos por planta. Con estos datos se pudo realizar finalmente la selección de las familias que continuaron en estudio.

Número de vainas por planta

En los cultivares de la variedad *major* (tipo Aguadulce), se obtienen, en promedio, entre 8 y 10 vainas por planta, aunque se pueden presentar plantas individuales que llegan a tener hasta 25 vainas por planta, así como pueden presentarse plantas que no produzcan vainas (Faiguenbaum, 2003). En variedades de crecimiento determinado, se han registrado valores entre 9,9 y 11 vainas \cdot pta⁻¹, para las variedades Retaca y Verde Bonita, respectivamente (Briones, 2009).

En los cultivares parentales analizados se observó que las variedades de crecimiento determinado presentaron entre 10 y 15 vainas por planta. En los cultivares de hábito de crecimiento indeterminado este número fluctuó entre 5 y 15 (Apéndice 2).

Para las plantas de crecimiento determinado de las familias F₂ estudiadas se obtuvieron valores entre 5,0 y 17,2 vainas \cdot pta⁻¹. En los individuos con hábito de crecimiento indeterminado, los valores fluctuaron entre 8,6 y 28,4 vainas por planta (Cuadro 13).

Estos valores se ajustan a los esperados en el cultivo y a los estudiados en la bibliografía (Faiguenbaum, 2003; Briones, 2009).

Sólo se descartaron aquellas familias que presentaron un bajo número de vainas por planta, ya que esto determinaría un bajo rendimiento potencial del cultivo. En este caso la familia número 35 presentó igual número de granos que la 61, la cual no se eliminó debido a que la altura de inserción de la primera vaina es un parámetro interesante de analizar en las futuras generaciones de familias.

Granos por vaina

El número de granos por vaina es una característica que varía según la posición que presentan las vainas en la planta; así, en los nudos inferiores se logra un mayor número de granos que en las vainas que se encuentran en nudos superiores. En los cultivares del tipo

Aguadulce, se producen aproximadamente 5 granos por vaina en promedio (Faiguenbaum, 2003). En tanto que en variedades de crecimiento determinado se han registrado valores entre 3,4 y 3,7 granos por vaina (Briones, 2008. Soto, 2009)

Las familias F_2 registraron valores entre 1,0 y 3,0 granos por vaina para las plantas con hábito de crecimiento determinado y 1,4 y 3,5 granos por vaina en las plantas con hábito de crecimiento indeterminado (Cuadro 13).

En los parentales se observaron valores entre 2 y 3 granos por vaina para los cultivares de hábito de crecimiento determinado y entre 2 y 5 en los cultivares con hábito de crecimiento indeterminado (Apéndice 2).

Los valores de granos por vaina obtenidos en las familias F_2 se ajustan a los esperados para el cultivo y registrados en la bibliografía.

Una característica interesante de analizar es el número potencial de granos que se podrían formar en una vaina. Como se muestra en la Figura 4a, la vaina presenta 1 grano, pudiendo presentar potencialmente 5 granos en total. En la Figura 4b se muestra que la vaina tenía un potencial para producir 5 granos, pero no produjo ninguno. Esto concluye que la planta presenta una baja autofertilidad y gran porcentaje de aborto de granos. Esta característica sólo es mencionada ya que no fue medida en este estudio.



Figura 2: Aborto de granos en vaina: (a) con semilla, (b) sin semillas.

Se desecharon las familias que presentaron un muy bajo número de granos por vaina, que a su vez produjeron vainas muy largas y granos pequeños. Este hecho obedece a dos razones; una de ellas es que el número de granos por vaina y por planta determina posibles altos rendimientos. Por otro lado, al existir vainas largas pero con granos pequeños el rendimiento industrial tenderá a disminuir (sólo si las vainas son muy largas, ya que si son vainas cortas el rendimiento industrial es más alto), es decir el porcentaje de producto que finalmente será procesado es menor.

Cuadro 13. Parámetros de rendimiento (vainas/pta, granos/vaina) para cada familia F₂ evaluada.

Nº Familia	Número Vainas/planta		Número Granos/vaina	
	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado
33	10,75	15,14	3,01	3,45
34	11,54	28,41	1,42	2,08
35	8,43 *	11,18	1,46	1,38
37	12,86	12,52	1,43	1,75
38	17,20	17,80	1,31	1,81
46	7,33 *	10,08	1,04	1,40
47	2,25 *	12,27	1,63	1,83
54	12,67	16,79	1,83	1,96
55	5,00 *	8,62	1,63	2,04
56	12,00	16,17	2,34	2,18
57	12,50	17,00	1,56	1,90
59	9,75	10,96	2,29	2,18
60	10,75	9,72	1,54	2,15
61	8,43	9,43	1,83	2,26

* Familias descartadas por número de vainas por planta

Número de granos por planta, peso de grano y peso total de granos por planta

El número de granos por planta está muy relacionado con el número de granos por vaina y con el número de vainas por planta. A su vez el peso de los granos determina finalmente el rendimiento obtenido por planta.

El número de granos por planta en las familias F₂ evaluadas varió entre 3 y 27 para las plantas de crecimiento determinado y entre 13,6 y 56,8 para las de crecimiento indeterminado (Cuadro 14). Se desecharon aquellas familias que presentaron bajo número de granos por planta (menor a 9) y bajos rendimientos (menos de 25 gr por planta) ya que son características que se asocian con el potencial que cada familia pueda tener

El peso del grano no se consideró en el análisis ya que es un factor que está relacionado con el tamaño de grano.

Cuadro 14. Número de granos por planta, peso de grano y peso total de granos por planta.

Nº Familia	Nº Granos por planta		Peso grano		Peso total de granos por planta	
	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado	Determinado	Indeterminado
	Número		----- g -----			
33	20,9	34,5	2,2	1,9	50,4	67,5
34	16,9	56,8	1,7	1,8	29,3	100,2
35	12,3	15,6	2,2	1,7	26,9	27,3
37	18,1	21,7	2,4	2,2	42,2	49,1
38	19,0	33,0	3,4	2,8	71,1	93,9
46	9,2	13,6	1,7	2,0	22,3	29,7
47	3,0 *	20,0	2,2	3,0	6,0	67,6
54	23,9	31,9	2,0	1,8	46,6	62,1
55	8,3 *	17,7	1,7	2,8	14,7	53,9
56	27,0	37,0	1,1	1,4	30,5	26,1
57	17,3	32,8	2,2	2,4	38,9	78,1
59	18,5	22,7	2,1	2,1	40,1	48,9
60	14,3	21,2	1,9	2,7	27,2	58,2
61	14,1	20,2	1,9	2,2	31,3	47,1

* Familias descartadas por criterio de número de granos por planta y peso de granos por planta.

Plagas y enfermedades

Algunas familias analizadas presentaron virosis, estas familias fueron: 43, 44, 50, 51, 52, 53 y 58 (Figura 4). Además se observó presencia de pulgones y larva minadora (*Lyriomiza huidobrensis*) pero en plantas aisladas y en baja cantidad. Después de las aplicaciones no hubo presencia de insectos.



Figura 3. Planta con virosis

En los apéndices 4 y 5 se presentan los valores promedios obtenidos por cada familia F_2 de crecimiento determinado e indeterminado respectivamente, para cada una de las características descritas para las plantas de las familias F_2 con hábito de crecimiento determinado e indeterminado, respectivamente. Con color amarillo están destacadas las familias que presentaron virosis, y con color verde aquellas familias que fueron descartadas de la selección final.

Análisis global

Según los criterios de selección descritos, las familias F_2 con crecimiento determinado elegidas fueron la 33, 37, 38, 46, 54, 56, 57, 59, 60 y 61 ya que en todos los parámetros evaluados cumplían con los requisitos establecidos. Se descartaron las familias principalmente por rendimiento (peso grano total por planta y número de granos por planta), altura de inserción de la primera vaina, tendedura y porcentaje de ramas productivas. Dentro de estos grupos seleccionados se realizó un ranking para elegir aquellas familias que presentaron las mejores características, siendo la familia 38, la que presentó una mejor arquitectura de planta y rendimiento. Con las familias seleccionadas se recomienda continuar con el plan de mejoramiento, ya que las características presentadas son interesantes para el desarrollo de nuevas variedades.

Para las plantas de crecimiento indeterminado las familias F_2 seleccionadas fueron la 33, 34, 35, 55, 57, 59, 60 y 61; este grupo presentaba todas las características buscadas. Además se seleccionaron las familias 38, 47 y 54 las cuales no cumplían con el requisito de altura de planta, sin embargo, presentaron rendimientos de granos altos. Los parámetros de descarte fueron los mismos que para las plantas de crecimiento determinado, pero se sumó la altura de planta. Dentro de estos grupos también se realizó un ranking de las familias que presentaron las mejores características, siendo las familias 34 y 57 las más propicias, debido a la mejor altura de planta e inserción de la primera vaina y por su rendimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que dentro del material F_2 evaluado se identifican plantas con hábito de crecimiento determinado e indeterminado que presentan un buen potencial para ser cosechadas mecanizadamente, por su altura de planta, punto de inserción de la primera vaina. Además poseen características para ser recomendadas para la agroindustria por su buen rendimiento.

Las familias F_2 de crecimiento determinado seleccionadas son: 33, 37, 38, 46, 54, 56, 57, 59, 60 y 61; siendo la familia 38 la que presenta las mejores características, en términos de rendimiento y arquitectura de planta tendiente a posibilitar la cosecha mecanizada, logrando una mejor calidad del producto.

Las familias F_2 de crecimiento indeterminado seleccionadas son: 33, 34, 35, 38, 47, 54, 55, 57, 59, 60 y 61; siendo las familias 34 y 57, las más propicias tanto en rendimiento como por arquitectura de la planta.

Para continuar con selecciones se deben desarrollar nuevas generaciones de autofecundación donde se puedan fijar los caracteres deseados y así lograr la obtención de nuevas variedades para la agroindustria y con aptitudes para la cosecha mecanizada.

BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO, 2010a. Haba. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/093/ca093.pdf#page=23> . Leído el 24 Julio 2010.
- ANÓNIMO, 2010b. Programas de mejoramiento de cultivos para los cultivos individuales. Disponible en: <http://www.fao.org> . Leído el 10 noviembre 2010.
- ÁVILA, C.M., S. NADAL, M. T. MORENO, and A. M. TORRES, 2006. Development of a diagnostic marker for the determination of growth habit in *Vicia faba* L. pp. 178-182. In: International workshop on Faba bean breeding and agronomy. Junta de Andalucía, Córdoba, España. 223 p.
- BAGINSKY, C. 2008. Haba en Chile, nuevas alternativas para su producción hortícola. Revista Antumapu. Revista de extensión Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile 6 (1-2): 11-15.
- BASCUR, G. 1997. Adaptación de la variedad de haba (*Vicia faba* L.) Portuguesa-INIA para producción de grano seco y uso agroindustrial en la zona centro norte de Chile. Agricultura Técnica 57(1): 70-76.
- BASCUR, G. 1997. Las leguminosas de grano como alternativas de cultivos para producción en fresco. Anuario del campo. Edición extraordinaria INIA, Publicaciones Lo Castillo, p: 221-229.
- 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. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 64 p.
- CAMADRO, E. 2010. Biotecnología. Mejoramiento genético de hortalizas. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/hortalizas01.pdf> Leído el 14 septiembre 2010.
- CONFALONE, A. 2010. Crecimiento y desarrollo del cultivo del Haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología de Cropgro-Fababean. Disponible en: <http://books.google.cl> Leído el: 15 abril de 2010.
- Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de los suelos del proyecto Maipo. Agrolog-Chile Ltda, Santiago. 802 p.

- CONNOR, D. and R. LOOMIS. 2002. Ecología de cultivos. Disponible en: <http://books.google.cl> Leído el 27 septiembre 2010.
- CUBERO, J.I. 2010. Introducción a la mejora genética vegetal. Disponible en: <http://books.google.cl/>. Leído el: 03 marzo de 2010.
- DUC, G. 2006. New avenues for faba bean: food, feed, industrial uses and seed quality for different markets. pp. 19-26. In: International workshop on Faba bean breeding and agronomy. Junta de Andalucía, Córdoba, España. 223 p.
- FAIGUENBAUM, H. 2003. Haba p: 423-469. In: Labranza, Siembra y Producción de los principales cultivos de Chile. Ediciones Vivaldi y Asociados, Santiago, Chile. 760 p.
- FAIGUENBAUM, H. 1999. Habas para congelado y fresco. Agroeconómico. Fundación Chile. 48: 25-29.
- FLORES, M. 1993. Consideraciones sobre el uso de leguminosas como cultivos de cobertura. Disponible en: <http://www.cidicco.hn/archivospdf/Inftecnico5.pdf>. Leído el: 02 Agosto 2010.
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA), 2010. Habas “baby” buscan diversificar mercado de las hortalizas. Disponible en: <http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/225483/Habas-baby-buscan-diversificar-mercado-de-las-hortalizas.html> . Leído el: 02 Agosto 2010.
- Instituto de desarrollo agropecuario (INDAP), 2010. Hortalizas y chacras. Disponible en: <http://www.indap.gob.cl/content/category/35/250/401/> . Leído el 15 Julio 2010.
- Instituto Nacional de Estadística, 2010. VII Censo Nacional Agropecuario (2007). Disponible en: www.ine.cl . Leído el 15 Julio 2010.
- LÓPEZ-BELLIDO, F.J., L. LÓPEZ-BELLIDO and R. J. LÓPEZ-BELLIDO. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L). *Europ. J. Agronomy* 23: 359–378.
- MORENO, M^a T, J. I. CUBERO, M. I. SUSO, J. GIL, F. FLORES, D. RUBIALES, A. M. TORRES, A. MARTÍNEZ, M. D. FERNÁNDEZ, J. SILLERO. 1996. Mejora de proteaginosas (Habas y garbanzos): su integración en los campos de la y la agricultura sostenible. Disponible en: <http://www.inia.es/gcontrec/Proyectos/Resultados96/sc93-078.pdf> . Leído el 15 junio 2010.
- NADAL, S., M.T. MORENO, J. I. CUBERO. 2004. Haba (*Vicia faba* L.). pp. 211-229 In: Las leguminosas de grano en la agricultura moderna. Ediciones Mundi Prensa, España. 318 p.

- NADAL, S., A. CABALLERO, F. FLORES, and M. T. MORENO. 2005. Effect growth habit on agronomic characteristics in Faba bean. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 70 (2): 43-47.
- NADAL, S., M. T. Moreno y J. I. Cubero. 2000. Nuevas variedades de habas de crecimiento determinado. *AGRICULTURA, Revista Agropecuaria*. 812: 108-109.
- NADAL, S. 2010. Variedades de haba de verdeo para uso en industria alimentaria. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=183362> . Leído el 01 Julio 2010.
- 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 and G.Lockwood (Ed). *Vicia faba: Agronomy, Physiology and Breeding*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publishers, Netherlands. 316 p.
- REX, E. y H. FAIGUENBAUM. 1995. Determinación del porcentaje de abscisión de elementos reproductivos en siete cultivares de haba. *Ciencia e Investigación Agraria* 22(3): 87-92.
- REX, E. 1993. Evaluación de nuevos cultivares de haba (*Vicia faba* L.) para consumo en verde. Memoria de título Ingeniero Agrónomo, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 63 p.
- ROBERTSON, L.D. and A. FILIPPETTI. 1991. Alternative plant types of faba bean. *Options Méditerranéennes–Série Séminaires* 10: 33-39.
- RUIZ, P. 2008. Caracterización de cultivares de *Vicia faba* L. Memoria de título de Ingeniero Agrónomo, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 46 p.
- 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.
- TAIZ, L. and E. ZEIGER. 2002. *Plant physiology*. 3^oed. Sinauer, Sunderland, Mass. 690 p.
- TAMARIN, R. 1996. *Principios de genética*. Barcelona, Reveté. 670 p.
- TOCKER, C. 2006. Determining selection criteria for yield in faba bean. *International workshop on Faba bean breeding and agronomy*: 19-26

- URZÚA, H. 2010. Beneficios de la fijación simbiótica de Nitrógeno en Chile. Disponible en: <http://rcia.uc.cl/Espanol/pdf/32-2/Beneficios.pdf> . Leído el 10 noviembre 2010

APÉNDICES

Apéndice 1. Prueba Chi- cuadrado

H₀: Se cumple la proporción 3:1 (75% indeterminado y 25% determinado)

H₁: Los datos no se ajustan a la proporción 3:1

$$X^2 = \sum(O_i - E_i)^2 / E_i$$

Esperado (E): 75% : 25%

Observado: ver Cuadro 15

Cuadro 15. Porcentajes de plantas con crecimiento determinado e indeterminado observados en familias F₂ estudiadas

Nº Familia	Crecimiento Determinado	Crecimiento Indeterminado	X ² observado
	%		
33	27,5	72,5	0,33
34	43,3	56,7	17,86*
35	23,3	76,7	0,15
36	23,3	76,7	0,15
37	23,3	76,7	0,15
38	16,7	83,3	3,67
39	20,0	80,0	1,33
40	13,3	86,7	7,30*
41	16,7	83,3	3,67
42	13,3	86,7	7,30*
43	10,0	90,0	12,00*
44	20,0	80,0	1,33
45	16,7	83,3	3,67
46	20,0	80,0	1,33
47	13,3	86,7	7,30*
48	13,3	86,7	7,30*
49	16,7	83,3	3,67
50	26,7	73,3	0,15
51	23,3	76,7	0,15
52	30,0	70,0	1,33
53	26,7	73,3	0,15
54	20,0	80,0	1,33
55	20,0	80,0	1,33
56	23,3	76,7	0,15
57	16,7	83,3	3,67
58	26,7	73,3	0,15
59	13,3	86,7	7,30*
60	13,8	86,2	6,69*
61	23,3	76,7	0,15

* Familias que presentaron un $X^2_{obs} > X^2_{esp}$, por lo tanto no cumplen con la proporción 3:1.

Apéndice 2. Datos promedios para cultivares parentales

Familia	Alt	1°	N° nudos	Largo	Ancho	N° ramas prod	N° ramas improd	% prod	N° vainas	Granos/vaina	
	planta	vaina	veg	vaina	vaina			%			
-----cm-----											
1	Alargá	53,8	25,9	5,4	11,5	1,6	1,5	2,8	34,9	10	3
2	Verde Bonita	52,7	22,9	4,9	10,2	1,5	2,1	3,9	35,0	10	2
3	Retaca	46,3	21,4	4,7	8,7	1,1	1,8	2,6	40,9	15	2
4	S ₁	90,5	20,2	5,4	8,5	1,2	2,1	2,4	46,7	10	4
5	S ₂	92,1	21,9	4,4	23,1	2,3	3,2	2,0	61,5	5	4
6	S ₃	93,0	22,5	4,9	23,5	2,3	3,7	1,5	71,2	10	3
7	S ₄	91,8	22,1	4,8	25,7	2,1	2,8	1,5	65,1	9	3
8	S ₅	93,6	22,4	4,7	23,6	2,3	2,6	1,5	63,4	9	4
9	S ₆	94,6	22,7	4,8	22,8	2,3	2,3	1,6	59,0	12	3
10	S ₇	94,3	22,9	4,8	23,3	2,6	3,0	1,5	66,7	12	5
11	Portuguesa INIA	130	23,8	5,0	17,8	2,7	4,0	1,5	72,7	13	5
12	SAD ANASAC	93,7	23,3	5,0	21,8	2,6	2,3	1,2	65,7	14	3
13	Luz de Otoño	64,8	17,4	4,9	18,4	2,5	2,8	0,8	77,8	12	4
14	Reina Mora	57,6	11,8	5,4	18,4	2,8	1,5	1,3	53,6	12	2
15	SAD Agrical	84,5	19,8	4,7	21,4	2,5	3,5	1,5	70,0	10	3
16	AD ₁	100,5	21,9	4,6	14,1	2,8	2,7	1,2	69,2	12	3
17	AD ₂	105,5	22,6	5,0	13,3	2,6	3,1	0,9	77,5	15	3
18	AD ₃	97,5	22,7	4,8	11,3	2,8	2,9	1,1	72,5	15	4
19	AD ₄	104,0	19,0	5,3	12,2	2,3	3,2	1,1	74,4	10	5
20	AD ₅	101,5	23,6	5,1	14,7	2,3	3,2	1,4	69,6	10	4
21	AD ₆	107,0	22,0	5,2	14,8	2,6	1,6	1,3	55,2	10	4

Apéndice 3. Datos promedio familias F₂ con hábito de crecimiento indeterminado

Familia	Alt planta	1º vaina	Tendedura	rama prod	ram imp	% prod	largo vaina	nº vainas	Gran/vain	Nº granos /pta	Largo grano	Peso/grano (gr)	Peso total de granos (gr)					
33	80,86	25,00	0,00	3,05	0,81	80,16	7,27	15,14	3,45	34,48	3,35	1,90	67,51					
34	77,65	25,82	11,80	4,76	1,65	68,52	7,64	28,41	2,08	56,82	3,30	1,75	100,20					
35	67,17	23,61	0,00	3,48	1,13	77,55	5,65	11,18	1,38	15,64	3,60	1,74	27,26					
36	75,22	22,48	0,00	3,22	1,30	71,42	13,13	0	No cosechada									
37	135,87	38,48	21,70	3,57	1,17	76,09	9,96	12,52	1,75	21,74	3,99	2,15	49,08					
38	115,20	24,80	0,00	3,48	1,04	78,59	14,49	17,80	1,81	32,96	4,10	2,79	93,88					
39	151,67	22,92	50,00	3,08	1,33	69,92	22,10	50,00	No cosechada									
40	139,04	22,69	11,50	4,92	1,15	83,06	20,08	11,54										
41	99,20	22,40	0,00	3,72	0,84	82,70	13,73	0										
42	123,27	18,85	0,00	3,38	1,69	68,08	10,06	0										
43	123,70	26,11	29,60	3,33	1,44	70,66	9,43	29,63										
44	89,17	18,54	0,00	3,75	1,42	72,68	12,52	0										
45	96,60	18,60	16,00	2,64	1,28	67,00	10,92	16,00										
46	113,96	36,04	0,00	2,04	1,79	53,54	12,86	10,08						1,40	13,63	3,35	1,98	29,66
47	113,08	31,15	0,00	2,42	0,81	75,83	14,27	12,27						1,83	19,96	3,98	2,96	67,62
48	117,31	19,62	26,90	3,04	0,92	78,08	21,18	26,92						No cosechada				
49	98,00	19,00	12,00	2,88	1,04	75,93	22,16	12										
50	98,86	18,64	9,10	1,86	1,09	66,89	22,21	9,09										
51	103,91	20,87	0,00	2,74	1,00	76,45	21,16	0										
52	130,71	18,33	57,10	3,05	1,29	72,78	25,41	57,14										
53	128,41	18,64	41,70	2,23	1,09	70,76	23,04	41,67										
54	111,88	29,38	12,50	3,42	0,58	85,76	7,31	16,79	1,96	31,88	3,54	1,82	62,08					
55	69,76	30,95	14,30	2,33	1,05	71,35	14,69	8,62	2,04	17,67	3,68	2,76	53,93					
56	81,30	19,91	13,10	3,09	0,39	89,71	8,18	16,17	2,18	37,04	3,10	1,44	56,08					
57	81,40	23,60	8,00	3,20	0,44	89,60	9,62	17,00	1,90	32,80	3,95	2,36	78,14					
58	133,41	22,27	54,60	1,64	1,27	56,06	5,71	54,55	No cosechada									
59	93,85	30,38	0,00	2,62	0,81	79,49	10,73	10,96	2,18	22,65	3,72	2,13	48,93					
60	85,20	28,00	8,00	2,76	0,96	77,17	9,67	9,72	2,15	21,16	3,70	2,72	58,19					
61	84,13	29,13	0,00	2,26	0,70	79,17	10,90	9,43	2,26	20,22	3,58	2,22	47,10					





Familias seleccionadas que no cumplen con todos los parámetros deseados

Parámetros de selección no deseados

Apéndice 4. Datos promedio familias F₂ con hábito de crecimiento determinado

Familia	Altura planta	1° vaina	Tendedura	Ramas prod	Ramas impr	% prod	largo vaina	Grano /vaina	N° granos total	Largo grano	Peso grano	Peso total					
33	44,50	22,75	0,00	2,38	2,13	54,58	7,39	3,01	20,88	3,25	2,21	50,41					
34	49,08	26,54	7,70	3,15	1,69	67,76	8,14	1,42	16,85	3,23	1,70	29,29					
35	41,43	20,71	0,00	4,00	1,43	73,33	5,70	1,46	12,29	4,40	2,24	26,85					
36	44,43	24,00	14,30	3,00	1,43	68,81	7,14	No cosechada									
37	67,14	39,29	0,00	3,43	2,00	62,93	9,89	1,43	18,14	3,95	2,39	42,20					
38	63,00	38,00	0,00	3,40	1,80	65,33	15,02	1,31	19,00	4,20	3,37	71,05					
39	60,00	18,33	33,30	4,50	2,50	64,91	20,77	No cosechada									
40	47,50	17,50	0	3,75	2,50	62,20	19,65										
41	60,00	25,00	0	2,40	1,60	60,33	12,58										
42	48,75	22,50	50	3,25	1,50	69,17	5,83										
43	61,67	33,33	66,67	5,67	2,33	66,67	7,30										
44	36,67	16,67	0	3,33	1,17	75,00	6,73										
45	35,00	18,00	0	3,40	1,60	68,67	5,16										
46	48,33	27,50	0,00	2,17	0,67	80,56	18,47						1,04	9,17	2,67	1,72	22,30
47	61,25	31,25	0,00	2,25	3,00	43,33	14,18						1,63	3,00	2,44	2,19	5,95
48	50,00	21,25	0	3,50	1,50	65,83	5,53						No cosechada				
49	62,00	28,00	60	2,60	1,20	72,00	12,08										
50	41,25	18,75	0	3,50	2,00	65,18	5,80										
51	42,14	21,43	0	1,43	0,57	78,57	11,74										
52	45,56	21,67	22,22	2,11	0,89	72,41	6,53										
53	60,00	37,50	50	1,50	2,13	41,67	20,63										
54	53,33	33,33	33,30	3,67	0,67	87,74	7,53	1,83	23,85	3,42	1,96	46,60					
55	49,17	31,67	0,00	2,00	1,33	59,72	14,90	1,63	8,25	2,26	1,73	14,69					
56	53,57	40,71	28,60	3,14	0,86	79,29	7,47	2,34	27,00	2,76	1,12	30,51					
57	46,00	26,00	0,00	2,60	0,40	86,67	9,40	1,56	17,25	3,36	2,24	38,86					
58	55,00	26,25	37,5	3,00	0,75	82,50	4,43	No cosechada									
59	53,75	35,00	0,00	2,50	0,75	79,17	9,39	2,29	18,50	3,31	2,11	40,06					
60	68,75	48,75	25,00	3,25	1,25	71,19	9,80	1,54	14,25	2,88	1,91	27,21					
61	58,57	37,86	28,60	2,14	1,29	65,48	10,79	1,83	14,14	3,23	1,93	31,25					

 Familias seleccionadas que no cumplen con todos los parámetros deseados
 Parámetros de selección no deseados