

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y  
RENDIMIENTO DE CHÍA OSCURA (*Salvia hispanica* L.) ESTABLECIDA EN LA  
LOCALIDAD DE LAS CRUCES, PROVINCIA DE SAN ANTONIO**

**NATALIA FRANCISCA VALERO PARRA**

**Santiago, Chile  
2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y  
RENDIMIENTO DE CHÍA OSCURA (*Salvia hispanica* L.) ESTABLECIDA EN LA  
LOCALIDAD DE LAS CRUCES, PROVINCIA DE SAN ANTONIO**

**SOWING DATE EFFECT ON GROWTH AND YIELD OF DARK CHIA  
(*Salvia hispanica* L.) IN THE LOCALITY OF LAS CRUCES, SAN ANTONIO  
PROVINCE**

**NATALIA FRANCISCA VALERO PARRA**

**Santiago, Chile  
2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**EFFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y  
RENDIMIENTO DE CHÍA OSCURA (*Salvia hispanica* L.) ESTABLECIDA EN  
LA LOCALIDAD DE LAS CRUCES, PROVINCIA DE SAN ANTONIO**

Memoria para optar al título  
profesional de Ingeniera Agrónoma

**NATALIA FRANCISCA VALERO PARRA**

|   | Calificaciones |
|---|----------------|
| Profesores Guías  |                |
| Sra. Cecilia Baginsky G.<br>Ingeniero Agrónomo, Dr.                 | 6,8            |
| Sr. Herman Silva R.<br>Profesor de Biología y Ciencias, Mg. Sc. Dr. | 6,5            |
| Profesores Evaluadores  |                |
| Sr. Ricardo Pertuzé C.<br>Ingeniero Agrónomo, Ph. D.                | 6,3            |
| Sr. Italo Chiffelle G.<br>Bioquímico, Dr.                           | 7,0            |

**Santiago, Chile**  
**2014**

## AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda colaboraron con la realización del presente trabajo, especialmente a la profesora Cecilia Baginsky por su disposición, orientación y por compartir sus conocimientos, y al profesor Herman Silva por su apoyo y motivación, quien además, dentro del marco del Proyecto FONDECYT N°1120202, titulado “Effect of soil and climatic conditions in the physiology and metabolism secondary in *Salvia hispanica* L., natural source of omega 3 fatty acids”, colaboró con aspectos técnicos y económicos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Con todo mi cariño para las personas importantes de mi vida, quienes me acompañaron en este largo e inolvidable proceso. A mi familia, especialmente a mis padres por su motivación y confianza durante toda mi vida, lo que me permitió llegar hasta aquí; y a Felipe por su amor, compañía y apoyo en cada momento.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN.....   | 1  |
| ABSTRACT .....   | 2  |
| INTRODUCCIÓN .....   | 3  |
| Hipótesis .....  | 6  |
| Objetivos .....  | 6  |
| Objetivo general.....  | 6  |
| Objetivos específicos .....  | 6  |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....   | 7  |
| Lugar de estudio.....  | 7  |
| Materiales.....  | 7  |
| Métodos.....   | 7  |
| Tratamientos y Diseño Experimental.....  | 7  |
| Manejo del ensayo .....  | 8  |
| Evaluaciones .....   | 9  |
| Desarrollo.....  | 9  |
| Crecimiento.....   | 9  |
| Rendimiento e Índice de Cosecha.....   | 10 |
| Componentes del rendimiento .....  | 10 |
| Análisis estadístico.....  | 11 |
| RESULTADOS.....  | 12 |
| Desarrollo del cultivo.....  | 12 |
| Crecimiento del cultivo.....   | 14 |
| Rendimiento e Índice de Cosecha.....   | 16 |
| Componentes del rendimiento .....  | 17 |
| DISCUSIÓN .....  | 18 |
| CONCLUSIONES .....   | 25 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 26 |
| ANEXOS .....   | 31 |
| Anexo I. Localización geográfica y datos climáticos. Las Cruces, Región de Valparaíso .....  | 31 |
| Anexo II. Descripción del perfil de suelo. Las Cruces, Región de Valparaíso.....   | 31 |
| Anexo III. Resultados del análisis de suelo. Las Cruces, Región de Valparaíso....  | 31 |
| Anexo IV. Informe de análisis de agua. Las Cruces, Región de Valparaíso .....  | 32 |
| Anexo V. Duración del día durante el año en la localidad de El Tabo (33,4°S y 71,6°O), Región de Valparaíso, y momento en que ocurren los cambio de estados fenológicos comunes a T1 (04 Ene.), T2 (18 Ene.) y T3 (02 Feb.) .....                                  | 32 |
| Anexo VI. Temperatura mínima media de un período de cinco años consecutivos, desde el año 1994 al 2013, incluyendo la temperatura mínima absoluta de los meses de mayo y junio durante el período de cinco años. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso..... | 33 |
| Anexo VII. Temperaturas y precipitaciones registradas durante el período enero-  |    |

|  |    |
|--|----|
| junio del año 2013. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso.....  | 34 |
| Anexo VIII. Precipitación media de un período de cinco años consecutivos, desde el año 1994 al 2013, incluyendo la precipitación máxima en 24 horas ocurrida en los meses de mayo y junio, durante el período de cinco años. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso..... | 34 |

### Índice de Cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Tratamientos del ensayo.....   | 7  |
| Cuadro 2. Estados fenológicos evaluados en chíá .....  | 9  |
| Cuadro 3. Evolución fenológica del cultivo según los días desde siembra (DDS).....   | 12 |
| Cuadro 4. Número de nudos vegetativos y área foliar por planta a inicios de floración  | 15 |
| Cuadro 5. Materia seca (MS) por planta a inicios de floración y al momento de la cosecha.....  | 16 |
| Cuadro 6. Longitud de inflorescencia del eje central y número de inflorescencias por planta al momento de la cosecha .....                                       | 16 |
| Cuadro 7. Rendimiento e Índice de Cosecha de chíá utilizando grano de calidad comercial.....   | 17 |
| Cuadro 8. Componentes del rendimiento del cultivo de chíá: peso de 1.000 granos comerciales, y número de granos comerciales por inflorescencia y por planta..... | 17 |

### Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Distribución de tratamientos en terreno (a) y detalle de unidad experimental, incluyendo ubicación de unidad muestral (b).....   | 8  |
| Figura 2. Relación entre fases fenológicas del cultivo y temperaturas mínimas y máximas durante el período experimental, comprendido entre enero y junio del año 2013. Las Cruces, Región de Valparaíso..... | 13 |
| Figura 3. Días grado acumulados (GDA) durante el ciclo de desarrollo del cultivo, correspondiente al período entre enero y junio del año 2013, utilizando temperatura base de 10°C .....                     | 14 |
| Figura 4. Altura de planta según estados fenológicos evaluados y al momento de la cosecha.....   | 15 |

## RESUMEN

*Salvia hispanica* L., comúnmente llamada chía, es una especie cultivada por sus granos, caracterizados por su elevado contenido de ácidos grasos esenciales, omega-3, lo que ha incentivado un aumento importante en la superficie de siembra a nivel mundial; sin embargo, en Chile no existe producción comercial. La chía es una especie sensible al fotoperíodo, es de día corto y requiere de un período de luz inferior a 12-13 horas para florecer. No tolera heladas en ningún estado de desarrollo, y su producción de materia seca y rendimiento en grano se ven afectados por la fecha de siembra. La presente investigación tuvo por objetivo determinar la fecha de siembra óptima para chía en la localidad de Las Cruces, V Región de Chile, para lo cual se evaluó el crecimiento, desarrollo, rendimiento en grano e índice de cosecha del cultivo. Para esto se estableció un ensayo en campo que contempló un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos correspondieron a cinco fechas de siembra entre los meses de enero y marzo. El atraso en la fecha de siembra acortó el ciclo de desarrollo del cultivo y redujo el crecimiento de las plantas. Este hecho estaría asociado principalmente a las diferentes condiciones climáticas a las que los tratamientos estuvieron expuestos, entre ellas, fotoperíodo y temperatura, donde la duración del día produjo una inducción floral más temprana al atrasar la fecha de siembra, floreciendo casi en igual momento pero con diferencias en crecimiento. Tanto el rendimiento en grano como el índice de cosecha se vieron fuertemente afectados producto de las bajas temperaturas a las que estuvieron expuestas las plantas a partir de la etapa reproductiva, las cuales se encuentran dentro de la tendencia esperada para la zona; por lo que se sugiere que Las Cruces no es una localidad apropiada para el cultivo de esta especie.

**Palabras clave:** Fotoperíodo, período de siembra, daño por frío.

## ABSTRACT

*Salvia hispanica* L., commonly known as chia, is a species cultivated for its grains characterized by their high content of omega-3 fatty acids. The objective of this research was to determine the optimum sowing date for chia in the locality of Las Cruces, V Region of Chile, for which the growth, development, grain yield and harvest index of the crop were evaluated. For this, a field trial with five treatments which consisted of five sowing dates between January and March was established. The delayed sowing date shortened the development cycle of the crop and reduced plant growth. This fact would be associated mainly to the different weather conditions to which the treatments were exposed, such as photoperiod and temperature, where day length produced an earlier floral induction by delaying the sowing date, blooming almost at the same time but with differences in growth. Grain yield and harvest index were strongly affected by low temperatures at which plants were exposed from the reproductive stage, which are within the expected trend for the zone; therefore, it is suggested that Las Cruces is not a suitable locality for growing this species.

**Key words:** Photoperiod, sowing period, cold damage.

## INTRODUCCIÓN

*Salvia hispanica* L., conocida comúnmente como chía, es una especie cuyo producto comercial son sus granos, los cuales son una fuente de aceite utilizada tanto en la industria alimentaria como en la industria cosmética (Coates y Ayerza, 1998). En la actualidad el consumo de granos de chía ha tomado gran relevancia en cuanto a salud y nutrición humana, debido a su elevado contenido de ácidos grasos esenciales (Ayerza, 2011).

La semilla presenta entre un 25 y 39% de su peso en aceite (Coates y Ayerza, 1998) y este, a su vez, contiene hasta un 68% de omega-3 (ácido graso  $\alpha$ -linolénico) (Ayerza, 2011), el cual, además de ser esencial en la alimentación, es efectivo para disminuir afecciones cardiovasculares (Hernández y Miranda, 2008). Sumado a ello, los granos presentan fibra soluble, antioxidantes, proteínas y minerales (Lobo *et al.*, 2011), componentes por los cuales la chía se ha constituido como un alimento saludable (Ayerza y Coates, 2011).

Debido a las características antes indicadas, a nivel mundial la superficie de siembra de esta especie ha aumentado sustancialmente, estimándose que en los años 2011-2012 existían aproximadamente 19.000 ha cultivadas, produciéndose comercialmente en países como Argentina, Australia, México, Bolivia, Paraguay y Ecuador (De Kartzow, 2013). Mientras que ya en el año 2014 se cultivaron cerca de 170.000 ha sólo en el norte de Argentina (EEAOC, 2014), país donde la chía es considerada como un cultivo alternativo para diversificar y estabilizar la economía (Coates y Ayerza, 1998), especialmente en las regiones áridas y semiáridas, donde la disponibilidad de agua es la principal limitación para la producción de cultivos oleaginosos (Heuer *et al.*, 2002, citados por Peiretti y Gai, 2009). En tanto, en Chile no existe producción comercial, y la única información con la que se cuenta actualmente es la obtenida a partir de estudios llevados a cabo por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, tendientes a determinar la adaptación de esta especie a diferentes condiciones edafoclimáticas de la zona centro-norte del país<sup>1</sup>.

*Salvia hispanica* L. es una planta anual de verano, que pertenece a la familia *Lamiaceae* (Ayerza y Coates, 2006), y mide entre 1 y 2 m de altura (Busilacchi *et al.*, 2013). Es una planta herbácea con tallos ramificados de sección cuadrangular pubescentes, de hojas opuestas con bordes aserrados que miden entre 8 y 10 cm de longitud y entre 4 y 6 cm de ancho (Ixtaina, 2010), las cuales se caracterizan por ser aromáticas (Di Sapio *et al.*, 2012). Presenta flores pediceladas reunidas en grupos de seis o más en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia; el cáliz es persistente, pubescente y bilabiado, y la corola es de color morado, azul o blanco, monopétala y bilabiada; y en la base del ovario se encuentra un disco nectarífero (Martínez, 1959; Ramamoorthy, 1985, citados por Hernández *et al.*, 2008). Su fruto corresponde a una clusa, el cual es indehiscente y es habitualmente llamado semilla (Rovati *et al.*, 2012b). El grano es brillante, de forma oblonga-elíptica y su tamaño

---

<sup>1</sup> Silva, H. 2012, nov. Proyecto: La chía en Chile. [Entrevista personal]. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

varía entre 1,5-2 mm de longitud y 1,0-1,2 mm de diámetro medio. Las semillas oscuras, de color pardo grisáceo con manchas castaño oscuro de contornos irregulares, se presentan en mayor proporción respecto a las de color blanquecino (Di Sapia *et al.*, 2012), y se ha registrado que el rendimiento en grano de este “tipo” de chíá es superior en un 14% al obtenido con semillas blancas (Baginsky *et al.*, 2013). También es factible encontrar granos de color marrón uniforme, los cuales presentan un menor peso, debido a que corresponden a semillas vanas, con un escaso o nulo desarrollo de las estructuras seminales, producto del daño por bajas temperaturas (Rovati *et al.*, 2012b).

No se sabe con exactitud el mecanismo de polinización, pero Martínez (1959) y Ramamoorthy (1985), citados por Hernández *et al.* (2008), señalan que es una especie alógama y entomófila debido al color de los pétalos que presenta la planta, a la forma que tiene el labio inferior de la corola que asemeja una pista de aterrizaje, y a la presencia de néctar en la base del ovario. Sin embargo, Haque y Goshal (1981, citados por Hernández *et al.*, 2008) indican que es autocompatible y que la autofecundación se debe a que en sus pequeñas flores (3,0 a 4,0 mm) las anteras se encuentran al mismo nivel que el estigma, y se basan en el hecho de que la planta produce semillas incluso estando aislada.

En la actualidad, no existen muchos estudios en chíá que indiquen sus requerimientos agroecológicos, esto debido a que la mayor parte de ellos se han focalizado en la composición química de los granos (Bendaña, 2012). Lo que se sabe de esta especie es que es originaria de áreas montañosas con climas tropicales y subtropicales, por ello potencia su crecimiento en esas condiciones. Los suelos que permiten su mejor desarrollo son los areno-limosos, aunque puede crecer también en suelos arcillo-limosos de buen drenaje (Lobo *et al.*, 2011); y una vez establecido el cultivo en el campo, es capaz de crecer bajo condiciones limitadas de agua (Ayerza y Coates, 2006).

Según observaciones en campo se ha determinado que el cultivo presenta un buen crecimiento en suelos con un amplio nivel de variación de nutrientes, sin embargo, un bajo contenido de nitrógeno puede ser un factor limitante para obtener buenos rendimientos en grano (Ayerza y Coates, 2006).

Lobo *et al.* (2011) señalan que el cultivo es sensible al fotoperíodo, ya que es una especie de día corto, por lo que su período de crecimiento y fructificación dependen de la latitud donde se establezca; además no es tolerante a las heladas en ningún estado de desarrollo y crece con temperaturas que van desde los 12°C hasta los 32-33°C (Bendaña, 2012).

En Tucumán, Argentina, la chíá tiene un ciclo de 160 días aproximadamente, que va entre enero y julio, donde la fecha de inicio de floración es determinante, puesto que no deben producirse heladas, principalmente, durante los meses en que el cultivo se encuentra entre floración y estado de grano lechoso (Lobo *et al.*, 2011).

Estudios realizados en el noroeste de Argentina, indican como fecha o período de siembra desde mediados de enero hasta principios de marzo, siendo óptima la primera quincena de febrero (Ayerza, 1995, citado por Ixtaina, 2010). Se ha determinado también que la

producción de materia seca y el rendimiento total en grano de chía se ven afectados por la fecha de siembra; factor que influye además en el contenido de aceite y en la composición de los ácidos grasos de los granos (Coates y Ayerza, 1996). Sin embargo, las diferencias en rendimiento entre “tipos” de chía (chía oscura y blanca) también están asociadas a las características genéticas de cada “tipo”, a las condiciones ambientales, prácticas agronómicas, y sus interacciones (Ayerza y Coates, 2009).

En un ensayo realizado en Argentina durante el año 1996, donde se evaluó la producción de 13 campos donde se cultivaba chía con fines comerciales, el promedio del rendimiento en grano fue de  $606 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , existiendo una amplia variación del rendimiento entre localidades, influyendo en este caso las condiciones climáticas y de suelo y el agua recibida por el cultivo durante su ciclo de crecimiento (Coates y Ayerza, 1998). Por su parte Centurión (2012), dio a conocer rendimientos obtenidos en Catamarca, Argentina, que alcanzan los  $1.600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Según Marquínez y Corchuelo (1998, citados por Núñez *et al.*, 2009), uno de los factores esenciales del rendimiento en un cultivo es el índice de cosecha, el cual representa un potencial en términos de incremento del rendimiento, mediante la partición de asimilados fotosintéticos en la planta a favor de la parte económicamente importante. Este índice se define como la razón de la materia seca de granos, sobre la materia seca aérea total (Villalobos, 2001). En este sentido, se ha observado que plantas de gran altura tienden a producir un menor índice de cosecha (Bolaños, 1994). Es así que en chía, en un ensayo realizado en el Valle de Azapa, Chile, se registró que plantas altas (1,5 m) presentaron un bajo índice de cosecha (0,22) (Baginsky *et al.*, 2013). Una situación similar se ha registrado en otras plantas, como por ejemplo en arroz (CIAT, 1982). Por lo que una forma de incrementar este índice es mediante la reducción de la altura y del follaje de la planta (Bolaños, 1994).

Ensayos realizados en Tucumán, Argentina, por Lobo *et al.* (2011), donde se utilizaron seis fechas de siembras, desde diciembre a febrero, determinaron que los mayores rendimientos en grano se obtuvieron con siembras realizadas durante la primera quincena de febrero, debido a que fechas tempranas inducen una excesiva producción de materia seca, mientras que fechas tardías implican un corto período de crecimiento y en ambos casos, pérdida de rendimiento. En Paraguay se ha observado que en siembras realizadas en diciembre y enero, el crecimiento de las plantas puede llegar hasta los 1,7 y 2,0 m de altura, mientras que si se realiza en los meses de febrero o marzo, la altura llega a 1,0 m aproximadamente (Centurión, 2012). Además, en el estudio realizado en Argentina se evidenció que las plantas florecían a inicios de abril, independiente de la fecha de siembra (Lobo *et al.*, 2011). Resultados similares fueron obtenidos en Chile en estudios preliminares de chía, llevados a cabo en la Estación Experimental Antumapu, ubicada en Santiago, donde se evaluaron dos fechas de siembra: 07 y 31 de diciembre, coincidiendo, para ambas fechas, el momento de inicio de la fase reproductiva, el que ocurrió a mediados del mes de abril (Arriagada *et al.*, 2012). En ese estudio, las plantas alcanzaron una gran altura, lo que

generó problemas de tendadura, con la consecuente reducción de rendimiento<sup>2</sup>. Este hecho además merma la calidad de los granos a cosecha y aumenta la humedad dentro del cultivo (Schürch, 2006). Cabe destacar que en ambas fechas de siembra el rendimiento se vio afectado negativamente por la presencia de heladas en floración, situación que confina el desarrollo del cultivo a zonas con poca o nula ocurrencia de heladas (Lobo *et al.*, 2011) y condiciona su expansión dentro de nuestro país.

Con el fin de promover la producción comercial de chíá en Chile, se hace necesario identificar zonas aptas para su cultivo y el período de siembra que permita la obtención del mayor rendimiento. En este contexto, la zona costera de la Región de Valparaíso, por tener muy baja probabilidad de heladas (Santibáñez y Uribe, 1990), podría constituirse como una zona adecuada para una buena producción de esta especie.

### **Hipótesis**

La fecha de siembra de chíá a mediados de febrero genera plantas con mayor índice de cosecha y mayor rendimiento en grano.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar la fecha de siembra óptima para chíá en la V Región de Chile (Las Cruces).

#### **Objetivos específicos**

1. Evaluar el crecimiento y desarrollo de chíá oscura establecida en cinco fechas de siembra.
2. Determinar el rendimiento en grano y el índice de cosecha de chíá oscura en cada una de las fechas de siembra.

---

<sup>2</sup> Baginsky, C. 2012, nov. Proyecto: La chíá en Chile. [Entrevista personal]. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en Las Cruces (33°30'22,6"S y 71°36'15,8"O) (Anexo I), localidad ubicada en la Provincia de San Antonio, Región de Valparaíso, la cual posee un clima templado mediterráneo semiárido, con muy baja probabilidad de incidencia de heladas (Santibáñez y Uribe, 1990), y se ubica a una altitud aproximada de 12 m.s.n.m. (CONAF, 2001). Su suelo corresponde a la serie Catapilco, el cual es de textura franca en superficie y de textura arcillosa en profundidad, y de drenaje imperfecto (CIREN, 1997).

### Materiales

El ensayo experimental se realizó durante el año 2013 y para esto se utilizó semillas de chía oscura, *Salvia hispanica* L., originarias de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, proporcionadas por la empresa Benexia S.A.

### Métodos

#### Tratamientos y Diseño Experimental

El ensayo contó con cinco tratamientos, correspondientes a cinco fechas de siembra efectuadas durante el año 2013 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos del ensayo.

| Tratamiento | Fecha de Siembra |
|-------------|------------------|
| T1          | 04 de enero      |
| T2          | 18 de enero      |
| T3          | 02 de febrero    |
| T4          | 18 de febrero    |
| T5          | 04 de marzo      |

El diseño experimental fue completamente al azar, con seis repeticiones por tratamiento (Figura 1a). La unidad experimental se constituyó por cuatro hileras del cultivo, de 5 m de largo cada una y con una distancia entre hilera de 0,6 m. La unidad muestral correspondió a las dos hileras centrales, sin considerar 0,5 m de cada extremo de la hilera, con el fin de eliminar el efecto borde (Figura 1b).

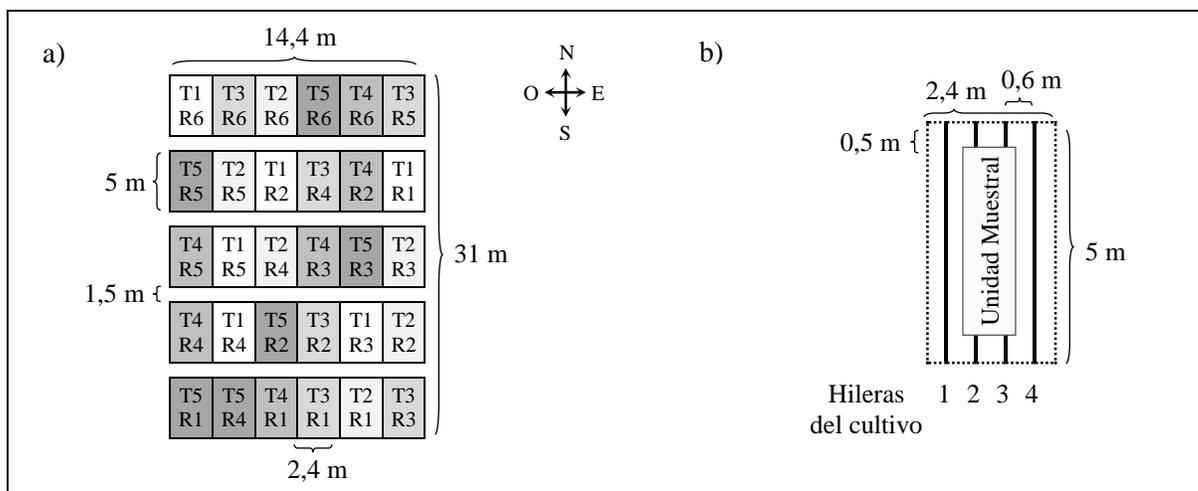


Figura 1. Distribución de tratamientos en terreno (a) y detalle de unidad experimental, incluyendo ubicación de unidad muestral (b).

### Manejo del ensayo

Previo al establecimiento del ensayo se realizó una descripción del perfil de suelo a través de una calicata (Anexo II), tomándose también una muestra compuesta de suelo de los primeros 20 cm para su análisis de fertilidad (Anexo III); además, se tomó una muestra del agua de riego para su posterior análisis (Anexo IV).

La preparación del suelo se inició con un rastraje y la cama de semilla se preparó con motocultor. Se implementó un sistema de riego por cinta en hilera simple, donde se procuró mantener una adecuada humedad del suelo monitoreándose esta con un barreno a 20 cm de profundidad.

En cuanto a la fertilización, según estudios realizados en Argentina, la dosis de cada nutriente se ajustó con el fin de llegar a 25 kg·ha<sup>-1</sup> de N, 20 ppm de P y 150 ppm de K en el suelo<sup>3</sup>, aplicándose sólo fertilizante nitrogenado, específicamente urea, el cual se parcializó aplicando e incorporando la mitad al momento de la siembra, y el resto a los 46 días después de ella.

La siembra se realizó manualmente a 1 cm de profundidad y se utilizó una dosis de semilla de 1,2 g por hilera, lo que corresponde a 4 kg·ha<sup>-1</sup>, obteniéndose una densidad de siembra cercana a 307 plantas·m<sup>-2</sup>. Posteriormente, a los 21 días desde siembra, se llevó a cabo un raleo de plantas y junto a esta labor se aumentó la altura del camellón con el fin de evitar la tendadura de estas, dejando alrededor de 80 plantas por metro lineal, lo que correspondió a una densidad cercana a 133 plantas·m<sup>-2</sup>. Cabe señalar que al momento de la cosecha la

<sup>3</sup> Ayerza, R. 2012, dic. Fertilización del cultivo de chí. [Entrevista personal]. Office of Arid Lands Studies, University of Arizona.

densidad de plantas obtenida fue cercana a 88 plantas·m<sup>-2</sup>. Respecto al manejo de las malezas en el campo, este se realizó de forma manual.

## Evaluaciones

Durante el desarrollo del cultivo se evaluó su fenología, crecimiento, y posteriormente se determinó el rendimiento en grano y sus componentes, además del índice de cosecha.

**Desarrollo.** Se registraron los días comprendidos desde siembra hasta los diferentes estados de desarrollo (Cuadro 2). Para ello, se consideró alcanzado un estado fenológico cuando el 50% de las plantas de cada unidad experimental logró alcanzarlo.

Cuadro 2. Estados fenológicos evaluados en chífa.

| Estado fenológico                         | Observación   |
|---|---|
| Emergencia                                | Hojas cotiledonales totalmente expandidas.          |
| Primera hoja verdadera                    | Primer par de hojas completamente expandidas.       |
| Inicio de ramificación                    | Rama lateral con su primer par de hojas expandidas. |
| Inicio de inflorescencia                  | Inflorescencia distinguible.                        |
| Inicio de floración                       | Primera flor abierta.                               |
| Inicio de llenado de granos <sup>nd</sup> | Primeros granos hinchados.                          |
| Madurez fisiológica <sup>nd</sup>         | Inflorescencias con tonos verdes y café.            |
| Madurez de cosecha <sup>nd</sup>          | Granos con un 14% de humedad.                       |

nd: No determinado debido a las bajas temperaturas que dañaron el cultivo.

Se evaluó también la fenología del cultivo según los días grado acumulados (GDA) desde siembra hasta inicio de ramificación, inicio de inflorescencia, inicio de floración y del ciclo total de crecimiento del cultivo. Para ello, se realizó la sumatoria de días grado (GD) acumulados diariamente durante dichas etapas, calculados como:  $GD = ((T_{max} + T_{min})/2 - T_b)$ , donde:  $T_{max}$  es la temperatura máxima del aire (°C),  $T_{min}$  es la temperatura mínima del aire (°C) y  $T_b$  es la temperatura base bajo la cual las plantas no se desarrollan (Madriz *et al.*, 2013). En este caso se utilizó como valor 10°C, temperatura base común en ciertos cultivos de primavera verano<sup>4</sup>, puesto que en el género *Salvia* este no se conoce. Los datos climáticos fueron obtenidos en la Estación Santo Domingo (33°39'S y 71°36'O), perteneciente a la Dirección Meteorológica de Chile, ubicada en el sector costero de la Provincia de San Antonio, Región de Valparaíso.

**Crecimiento.** Se realizaron diversas evaluaciones para caracterizar el crecimiento de las plantas, tales como altura de planta, número de nudos vegetativos, área foliar, materia seca

<sup>4</sup> García de Cortázar, V. 2014, abr. Análisis de desarrollo y de chífa. [Entrevista personal]. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias crecimiento del cultivo Agronómicas, Universidad de Chile.

aérea a inicios de floración y en cosecha, longitud de inflorescencia central y número de inflorescencias por planta.

- Altura de planta (cm). Se evaluó semanalmente en 10 plantas por unidad experimental, midiendo las plantas desde la base hasta el ápice del eje central, vegetativo o reproductivo según correspondió.

- Número de nudos vegetativos. Se registró el número de nudos vegetativos del eje central a inicios de floración, a partir de una muestra de 10 plantas por unidad experimental.

- Área foliar ( $\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$ ). A inicios de floración se estimó el área foliar por planta a partir de una muestra de 3 plantas por unidad experimental, mediante el uso de un medidor de área foliar modelo LI 3100, marca LiCor.

- Materia seca aérea ( $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$ ). Para la estimación del peso de la materia seca aérea por planta tanto a inicios de floración como al momento de la cosecha, se utilizaron las plantas presentes en medio metro lineal de cada unidad experimental. Las muestras se secaron en una estufa con aire forzado durante 48 horas hasta peso constante. Para el caso de materia seca a inicio de floración el secado se realizó con una temperatura de  $70^\circ\text{C}$ , en cambio al momento de la cosecha, esta se hizo a  $40^\circ\text{C}$  para evitar dañar el grano.

- Longitud de inflorescencia (cm). Se midió el largo de la inflorescencia del eje central considerando su pedúnculo, en una muestra de 15 plantas por unidad experimental al momento de la cosecha.

- Número de inflorescencias por planta. Se evaluó el número de inflorescencias por planta en una muestra de 15 plantas al momento de la cosecha, eliminando aquellas inflorescencias sin aporte al rendimiento.

**Rendimiento e Índice de Cosecha.** Con el fin de estimar la producción de cada tratamiento, se evaluó el rendimiento del cultivo, el índice de cosecha y los componentes del rendimiento.

- Rendimiento en grano ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Se evaluó a partir de las plantas cosechadas en medio metro lineal de cada unidad experimental.

- Índice de cosecha (IC). Se estimó como:  $\text{IC} = \text{Materia seca de los granos} / \text{Materia seca aérea total}$  (Villalobos, 2001), a partir de las plantas cosechadas en medio metro lineal.

Componentes del rendimiento. Se estimó a partir de una submuestra de 15 plantas obtenidas de la muestra de medio metro lineal cosechado para rendimiento, exceptuando el peso de 1.000 granos, el cual se determinó de la muestra de medio metro lineal.

- Peso de 1.000 granos (g). No se consideraron aquellas semillas, que producto de las bajas temperaturas, quedaron vanas.
- Número de granos por inflorescencia. Estimado a partir del peso seco del grano.
- Número de granos por planta.

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, mediante el uso del programa estadístico InfoStat (InfoStat, 2008). Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) para los parámetros evaluados de desarrollo, crecimiento, rendimiento en grano y sus componentes, e índice de cosecha del cultivo, se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey para separar las medias diferentes.

## RESULTADOS

Las diferentes fechas de siembra generaron una variación tanto en el desarrollo como en el crecimiento de las plantas, pero no así sobre su rendimiento en grano.

### Desarrollo del cultivo

La fecha de siembra tuvo un efecto sobre la fenología del cultivo, observándose diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los días desde siembra a los distintos estados de desarrollo (Cuadro 3), a excepción de la fecha de emergencia, en la cual no se observaron diferencias significativas. En general, el tratamiento T4 tuvo un desarrollo más acelerado, llegando a inicio de emisión de inflorescencia un mes antes que T1, tratamiento que fue el más tardío (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evolución fenológica del cultivo según los días desde siembra (DDS).

| Tratamiento  | Emergencia    | 1ª hoja   | Inicio       | Inicio         | Inicio    | Cosecha <sup>1</sup> |
|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------|-----------|----------------------|
|              | <sup>ns</sup> | verdadera | ramificación | inflorescencia | floración |                      |
|              | DDS           |           |              |                |           |                      |
| T1 (04 Ene.) | 4             | 11 b      | 66 a         | 81 a           | 111 a     | 169 a                |
| T2 (18 Ene.) | 4             | 12 a      | 53 b         | 68 b           | 98 b      | 159 b                |
| T3 (02 Feb.) | 4             | 10 c      | 40 c         | 53 c           | 83 c      | 144 c                |
| T4 (18 Feb.) | 4             | 10 c      | 32 c         | 49 d           | 80 c      | 128 d                |
| T5 (04 Mar.) | 5             | 12 a      | 37 c         | 54 c           | -         | -                    |

Promedios con letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

ns: Diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos ( $p \geq 0,05$ ).

<sup>1</sup> No corresponde a un estado fenológico específico, ya que a causa del daño por frío las inflorescencias de las plantas adquirieron coloración café, razón por la cual se cosechó todo en un mismo momento.

Durante el ciclo fenológico del cultivo se registraron bajas temperaturas que afectaron distintos estados de desarrollo de la etapa reproductiva y por tanto, con diferente magnitud en función de la fecha de siembra (Figura 2), afectando negativamente el rendimiento, como se analizará más adelante.

En el caso del tratamiento T5, a los 19 días desde que las plantas iniciaron la emisión de inflorescencia, se registraron temperaturas menores a 2,6°C (Figura 2), lo que significó un daño severo en sus ápices, no llegando a producirse la floración, por lo cual este tratamiento no pudo ser evaluado en este estado de desarrollo ni en la cosecha. En T1, en tanto, el efecto de las bajas temperaturas se produjo a los 21 días luego de su floración, lo cual dificultó la determinación de los siguientes estados fenológicos, al igual que en el resto de los tratamientos, puesto que el daño por frío generó que las inflorescencias adquirieran coloración café, por lo que se decidió cosechar todos los tratamientos en igual fecha.

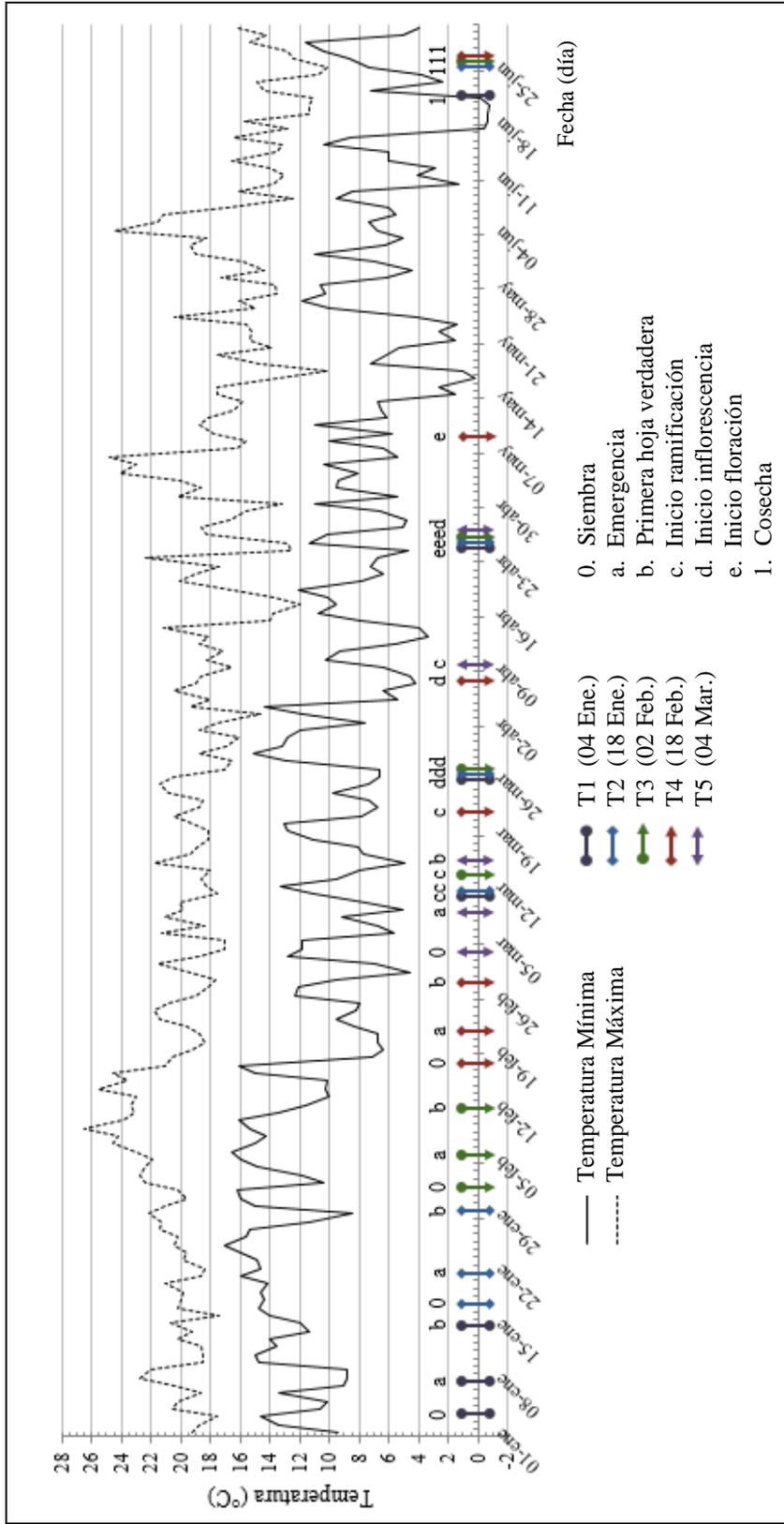


Figura 2. Relación entre fases fenológicas del cultivo y temperaturas mínimas y máximas durante el período experimental, comprendido entre enero y junio del año 2013. Las Cruces, Región de Valparaíso.

Un aspecto que llama la atención, es que a pesar de haber existido diferencias entre los tratamientos en cuanto a días desde siembra, no existieron diferencias de ocurrencia de ciertos estados fenológicos según fecha calendario, observándose que en inicio de ramificación, inicio de inflorescencia e inicio de floración, los tratamientos T1, T2 y T3 lograron estos estados prácticamente al mismo momento, siendo T5 el más tardío (Figura 3). Cabe destacar que entre T1 y T3 existieron 29 días entre las fechas de siembra de cada uno (Cuadro 1).

Al evaluar el desarrollo del cultivo con respecto a los días grado acumulados no se observó un patrón común entre los tratamientos T1, T2 y T3 que indique un umbral de días grado acumulados necesarios para el cambio de estado fenológico (Figura 3), dado que el cambio a fase reproductiva en chíá responde a un estímulo lumínico (Anexo V). Además, se observó que los tratamientos T4 y T5 requirieron en promedio 134, 189 y 280 GDA para iniciar la ramificación, emisión de inflorescencia y floración respectivamente (Figura 3), lo cual podría corresponder al mínimo de días grado acumulados necesarios para responder a dicho estímulo.

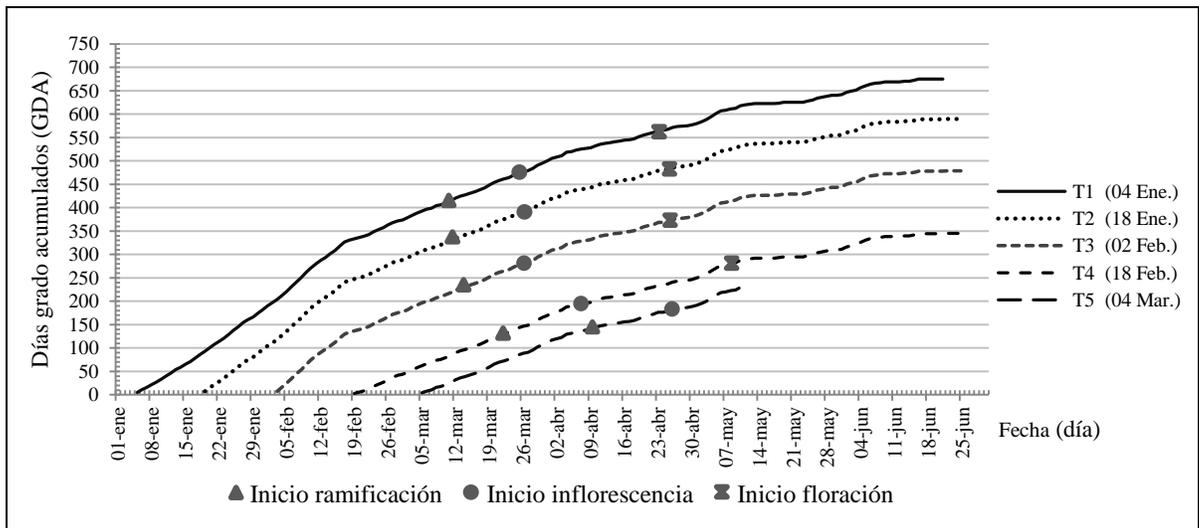


Figura 3. Días grado acumulados (GDA) durante el ciclo de desarrollo del cultivo, correspondiente al período entre enero y junio del año 2013, utilizando temperatura base de 10°C.

### Crecimiento del cultivo

La fecha de siembra tuvo efectos significativos sobre la altura de las plantas, siendo la fecha de siembra más temprana (T1) la que logró la mayor altura en todos los estados de desarrollo evaluados (Figura 4). Es así como este tratamiento presentó a inicios de floración una altura superior en 52 cm en comparación a los 120 cm promedio alcanzado por el resto de los tratamientos, entre los cuales no existieron diferencias significativas para la altura de

sus plantas a partir de inicios de emisión de inflorescencia (Figura 4). Cabe destacar que T1 llegó al momento de la cosecha con una altura de 199 cm versus 151 cm logrado por los otros tratamientos.

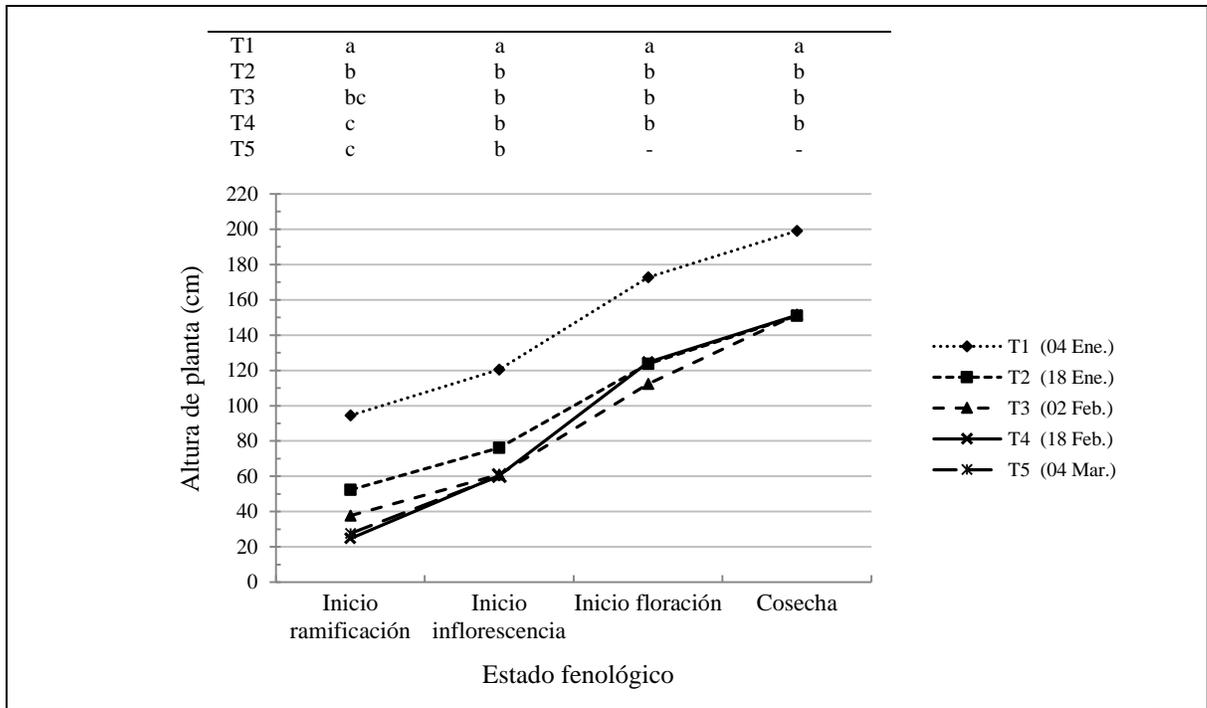


Figura 4. Altura de planta según estados fenológicos evaluados y al momento de la cosecha. Promedios con letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

En cuanto al número de nudos vegetativos por planta a inicios de floración, se observó que T1 fue el tratamiento en el cual las plantas alcanzaron una mayor cantidad, produciendo 4 nudos más que el promedio de los tratamientos T3 y T4 (Cuadro 4). En cuanto a área foliar por planta no existieron diferencias entre los tratamientos, observándose al momento de inicios de floración, un promedio de 310,2 cm<sup>2</sup> por planta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de nudos vegetativos y área foliar por planta a inicios de floración.

| Tratamiento  | Nudos |   | Área foliar <sup>ns</sup><br>cm <sup>2</sup> ·planta <sup>-1</sup> |
|--------------|-------|---|--|
|              | Nº    |   |  |
| T1 (04 Ene.) | 14    | a | 319,0  |
| T2 (18 Ene.) | 12    | b | 284,5  |
| T3 (02 Feb.) | 10    | c | 375,7  |
| T4 (18 Feb.) | 9     | c | 261,7  |

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

ns: Diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos ( $p \geq 0,05$ ).

Al evaluar la materia seca aérea por planta a inicios de floración (Cuadro 5), T1 fue el único tratamiento que se diferenció, presentando cerca del doble de materia seca respecto

de la obtenida en los otros tratamientos, los cuales alcanzaron en promedio 4 g por planta. Similares resultados se observaron al momento de la cosecha (Cuadro 5) donde T1 presentó más del doble de materia seca que el promedio de la alcanzada por T3 y T4.

Cuadro 5. Materia seca (MS) por planta a inicios de floración y al momento de la cosecha.

| Tratamiento  | MS a Inicios de floración |   | MS a Cosecha |    |
|--------------|---------------------------|---|--------------|----|
|              | g·planta <sup>-1</sup>    |   |              |    |
| T1 (04 Ene.) | 7,6                       | a | 10,0         | a  |
| T2 (18 Ene.) | 4,5                       | b | 6,3          | ab |
| T3 (02 Feb.) | 3,9                       | b | 4,8          | b  |
| T4 (18 Feb.) | 3,6                       | b | 4,3          | b  |

Promedios con letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Es importante mencionar que las plantas al final del ciclo de crecimiento se defoliaron, por lo que la materia seca total en cosecha se compuso, principalmente, de tallos, semillas y restos de inflorescencias.

Respecto a la longitud de la inflorescencia, también hubo efecto de la fecha de siembra, donde T3, al momento de la cosecha, presentó la mayor longitud, siendo estas 3,4 cm más largas que el promedio de longitud de los otros tratamientos, entre los cuales no se observaron diferencias significativas (Cuadro 6). Cabe mencionar que en cuanto al número de inflorescencias por planta no existieron diferencias entre los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Longitud de inflorescencia del eje central y número de inflorescencias por planta al momento de la cosecha.

| Tratamiento  | Longitud de inflorescencia |   | Inflorescencias·planta <sup>-1</sup> ns |  |
|--------------|----------------------------|---|---|--|
|              | cm                         |   | N°                                      |  |
| T1 (04 Ene.) | 14,9                       | b | 6,3                                     |  |
| T2 (18 Ene.) | 16,2                       | b | 6,6                                     |  |
| T3 (02 Feb.) | 19,1                       | a | 6,1                                     |  |
| T4 (18 Feb.) | 16,0                       | b | 5,2                                     |  |

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

ns: Diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos ( $p \geq 0,05$ ).

### Rendimiento e Índice de Cosecha

No hubo efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano comercial, obteniéndose en promedio 123 kg·ha<sup>-1</sup> (Cuadro 7). Cabe destacar que el rendimiento en grano comercial correspondió a aquellos granos que lograron completar su desarrollo, eliminándose más de la mitad de los granos cosechados puesto que estaban vanos producto del daño por bajas temperaturas. Por esta razón, no se obtuvo rendimiento en grano en T4. Es importante mencionar que luego de inicios de floración hasta el momento de la cosecha se registraron 5 días con heladas, con temperaturas entre -0,2 y -0,8°C en junio (Figura 2),

ello, más las bajas temperaturas, condicionaron el desarrollo del cultivo y los resultados en cuanto a rendimiento.

Cuadro 7. Rendimiento e Índice de Cosecha de chía utilizando grano de calidad comercial.

| Tratamiento  | Rendimiento en grano <sup>ns</sup> | Índice de Cosecha (IC) |
|--------------|------------------------------------|------------------------|
|              | kg·ha <sup>-1</sup>                | -                      |
| T1 (04 Ene.) | 102,0                              | 0,01 b                 |
| T2 (18 Ene.) | 109,0                              | 0,02 b                 |
| T3 (02 Feb.) | 157,5                              | 0,03 a                 |
| T4 (18 Feb.) | -                                  | -                      |

Promedios con letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

ns: Diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos ( $p \geq 0,05$ ).

La fecha de siembra provocó diferencias entre los tratamientos en cuanto a índice de cosecha, siendo T3 el que logró el mayor valor (Cuadro 7).

### Componentes del rendimiento

Al evaluar los componentes del rendimiento no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al peso de 1.000 granos de calidad comercial, los cuales en promedio pesaron 1,24 g (Cuadro 8). Tampoco se presentaron diferencias en cuanto al número de granos comerciales por inflorescencia y por planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Componentes del rendimiento del cultivo de chía: peso de 1.000 granos comerciales, y número de granos comerciales por inflorescencia y por planta.

| Tratamiento  | Peso 1.000 granos<br>comerciales <sup>ns</sup> | Granos<br>comerc.·infloresc. <sup>-1 ns</sup> | Granos<br>comerciales·planta <sup>-1 ns*</sup> |
|--------------|--|---|--|
|              | g  | N <sup>o</sup>                                |  |
| T1 (04 Ene.) | 1,21   | 16,6  | 103,4  |
| T2 (18 Ene.) | 1,29   | 13,9  | 90,0   |
| T3 (02 Feb.) | 1,23   | 20,9  | 142,1  |

ns: Diferencias estadísticamente no significativas entre los tratamientos ( $p \geq 0,05$ ).

Comerc.: comerciales; Infloresc.: inflorescencia.

\* La densidad de plantas al momento de la cosecha fue cercana a 88 plantas·m<sup>-2</sup>.

## DISCUSIÓN

La fecha de siembra en chíá produjo una variación sobre el desarrollo y crecimiento del cultivo. Este hecho obedece a las diferentes condiciones climáticas a las cuales estuvieron expuestas las plantas, principalmente duración del día y temperatura. Sin embargo, en cuanto a rendimiento en grano no se obtuvieron diferencias, lo cual se debería al daño por frío que afectó a los tratamientos del ensayo, en mayor o menor medida, según el estado fenológico en que las plantas se encontraban.

La fecha de siembra tuvo efecto sobre la duración del ciclo fenológico del cultivo y sobre el crecimiento de las plantas, lo cual se explica por el hecho de que *Salvia hispanica* L. es una planta de día corto (Jamboonsri *et al.*, 2012), por lo que para florecer requiere cumplir con un período de luz inferior a un valor crítico (Raven *et al.*, 1992), el cual es cercano a 12-13 horas de luz (Jamboonsri *et al.*, 2012), requiriendo permanecer el resto de las horas del día en oscuridad ininterrumpida, ya que la planta no sensa las horas de luz, sino que mide las horas de oscuridad (Raven *et al.*, 1992).

Dado lo anterior, el atraso en la fecha de siembra produjo un acortamiento del ciclo de desarrollo del cultivo, siendo la primera fecha de siembra la que generó plantas con un mayor período de crecimiento, puesto que tardó más días en lograr la inducción floral (Cuadro 3). Así, un atraso de la fecha de siembra en 15 días, produjo un acortamiento del ciclo fenológico en 15 días, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Busilacchi *et al.* (2013) en Argentina. Este hecho, sin embargo, fue válido en siembras realizadas hasta inicios de febrero (T3), observándose que los tratamientos T1, T2 y T3 a pesar de haberse sembrado con 15 días de diferencia entre ellos florecieron todos en el mismo momento, es decir, a fines de abril (Figura 3). Esta floración simultánea también fue observada en ensayos realizados en Argentina con siembras desde mediados de enero a inicios de marzo (Ayerza y Coates, 2006).

La aceleración del ciclo de desarrollo al atrasar la fecha de siembra sólo se observó hasta siembras realizadas a mediados de febrero (T4) (Cuadro 3). Posterior a esa fecha se produjo una desaceleración del desarrollo, puesto que T5 tardó más días desde siembra a inicios de emisión de inflorescencia en comparación a T4, lo cual se debería a las menores temperaturas a las que el cultivo estuvo expuesto (Figura 2).

El hecho de que *Salvia hispanica* L. sea una planta de día corto explicaría que T1, T2 y T3 iniciaran la emisión de inflorescencia en igual momento (Figura 3), a pesar de tener una diferencia de 29 días entre la primera fecha de siembra y la tercera (Cuadro 1). Diferente es el caso de los tratamientos T4 y T5, en los cuales las plantas tardaron más días en comenzar la emisión de inflorescencia y por ende, la floración, como se observó claramente en T4, ya que T5 se dañó por las bajas temperaturas antes de este evento (Figura 2). Esto indicaría que la chíá posiblemente requiere un mínimo crecimiento vegetativo antes de alcanzar dichos estados fenológicos, puesto que los tratamientos T4 y T5 no pasaron a fase

reproductiva al igual que el resto de los tratamientos a pesar de tener el período de luz, o más bien, el período de horas de oscuridad que lo induce. Otra posibilidad podría estar asociada a que dichos tratamientos, habiendo tenido el estímulo de luz requerido, la floración se atrasó debido a que las menores temperaturas afectaron el tiempo de desarrollo entre un estado y otro (Figura 3).

Lo anterior concuerda con lo indicado por Martínez-Zapater (1983), citado por Chica y Correa (2005), quien menciona que la transición del período de desarrollo vegetativo al reproductivo en plantas herbáceas como el crisantemo, que es una planta de día corto, responde a la interacción entre el estado de madurez de la planta y factores medioambientales. Es así que la fase juvenil de las plantas impide la inducción floral hasta que se alcance cierta etapa de desarrollo, asegurando de esta forma que la planta cuente con los recursos suficientes para la producción de flores y posteriores frutos, por lo que una planta juvenil no responde al estímulo inductivo que sí sería suficiente en una planta adulta (Hackett, 1985, citado por Jackson, 2009). Sin embargo, un ensayo realizado durante el año 2014 en la localidad de Las Cruces, Región de Valparaíso, rebatiría lo observado en el presente estudio, puesto que en ese ensayo algunas plantas de chíá florecieron con tan sólo 10 cm de altura, presentando sólo 4 hojas expandidas<sup>5</sup>. Por lo mismo, se requiere evaluar un período de siembra más amplio y un mayor número de años de investigación para poder aclararlo.

El inicio de la emisión de inflorescencia en las tres primeras fechas de siembra fue simultáneo, lo cual sucedió cuando la duración del día fue de 11:50 horas aproximadamente (Anexo V), sin embargo, el estímulo inductivo ocurrió antes de dicho evento, cuando la duración del día era mayor. En tanto, la floración se inició cuando la duración del día fue cercana a 10:50 horas (Anexo V). Lo anterior concuerda con lo observado en ensayos realizados en Salta y Santa Fe, Argentina, donde las plantas florecieron cuando la duración del día fue de 11,3 a 12,3 horas (Quiroga *et al.*, 2011). A su vez, Jamboonsri *et al.* (2012), al evaluar la inducción floral en chíá, determinaron para Estados Unidos, que esta especie requiere de 12 a 13 horas de luz para florecer.

En el ensayo se observó que el inicio de ramificación de las plantas también ocurrió en igual momento para los tratamientos T1, T2 y T3 (Figura 3), lo cual podría sugerir que la ramificación en chíá está influenciada por la duración del día, puesto que en frutilla se ha observado que bajo condiciones de día corto se produce la ramificación de la corona (Timo *et al.*, 2009). Sin embargo, puede que en el caso de la chíá este evento corresponda a una mera coincidencia, sin ser un factor relevante la duración del día. Cabe mencionar que en varias especies del género *Salvia* se ha observado el requerimiento de un fotoperíodo crítico para iniciar la floración y otro para el posterior desarrollo de la flor, así por ejemplo, *Salvia leucantha* Cav. requiere 12 horas de luz para la inducción floral y 10 horas de luz para continuar el desarrollo de las flores (Armitage y Laushman, 1989).

---

<sup>5</sup> Baginsky, C. 2014, mayo. Proyecto: La chíá en Chile. [Entrevista personal]. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

La menor altura de las plantas observada con el atraso en la fecha de siembra, respecto a las plantas de T1 (Figura 4), puede ser atribuida a una inducción de la floración más temprana, determinando así un menor período de crecimiento vegetativo, donde las plantas de T4 presentaron sólo 9 nudos vegetativos, en comparación a los 14 de la primera fecha de siembra (Cuadro 4). Esta misma tendencia fue observada por Busilacchi *et al.* (2013) en Argentina, donde el atraso de la fecha de siembra redujo la altura de las plantas. Cabe destacar, que si bien los tratamientos T2, T3 y T4 no presentaron diferencia de altura a inicios de floración, T2 presentó un mayor número de nudos vegetativos en comparación a T3 y T4 (Cuadro 4), lo que estaría indicando que en T3 y T4 la elongación de los entrenudos fue mayor.

En cuanto a área foliar, medida a inicios de floración, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 4), a pesar de que T1 se diferenció con un mayor número de nudos vegetativos y por tanto, debiera haber logrado un mayor número de hojas por planta (dato no medido). Una posible explicación a este hecho radica en que la chía inicia una abscisión de hojas una vez que comienza la floración, lo cual fue observado en todos los tratamientos. Otra opción podría estar asociada a que las plantas de T1 al ser más altas pudieron haber provocado, además, un mayor sombreamiento a las hojas de los nudos inferiores, generando una senescencia prematura de ellas. La defoliación sería algo normal en el cultivo, puesto que en México se observó que cuando la planta alcanza la madurez pierde todas sus hojas (Orozco, 1993). Cabe mencionar además, que en las plantas de todos los tratamientos los márgenes de la hojas se empezaron a necrosar en estados tempranos de su ciclo de desarrollo, lo cual pudo haber estado asociado a la calidad del agua con que se regó el cultivo, la cual poseía un alto contenido de sales, excediendo los valores normados (Anexo IV), por lo que su análisis indicaba que con agua de dicha calidad generalmente se observan efectos perjudiciales en las plantas. Sin embargo para chía no hay estudios que indiquen su susceptibilidad a la salinidad.

El hecho de que la primera fecha de siembra (T1) tuviera un período de crecimiento más largo, y por ende, plantas de mayor tamaño, implicó que ellas hayan presentado a inicios de floración, un mayor número de nudos y mayor acumulación de materia seca (Cuadro 5). Este hecho fue corroborado por Coates y Ayerza (1996), quienes observaron que siembras tempranas, en enero, produjeron plantas con mayor acumulación de materia seca. Lo anterior puede estar atribuido a un mayor período de desarrollo vegetativo, puesto que la floración al estar influenciada por la duración del día, ocurre al mismo tiempo que siembras más tardías (Preddy *et al.*, 2011, citados por De Kartzow, 2013).

Al momento de la cosecha se observó una disminución de la materia seca acumulada por planta al atrasar la fecha de siembra, siendo esta diferencia significativa a partir de inicios de febrero (T3) (Cuadro 5). Cabe destacar, sin embargo, que entre las siembras realizadas entre mediados de enero y mediados de febrero (T2, T3 y T4) no hubo una reducción significativa de la materia seca (Cuadro 5), lo cual puede haber estado asociado a que las plantas de esas fechas de siembra presentaron una altura similar (Figura 4).

Al evaluar el cultivo al momento de la cosecha, T3 fue el único tratamiento que se

diferenció en cuanto a longitud de inflorescencia del eje central, presentando una inflorescencia de mayor tamaño (Cuadro 6). Sin embargo, este hecho no se vio reflejado en un rendimiento significativamente mayor (Cuadro 7), lo cual puede estar determinado por el efecto negativo de las bajas temperaturas que afectaron al cultivo.

Se ha observado que plantas tropicales frecuentemente presentan daños importantes por helada cuando se exponen a temperaturas ligeramente por debajo de 0°C (FAO, 2010), registrándose daño por frío con temperaturas cercanas a 5°C (Marengo, 1984). Dado que el género *Salvia* es catalogado como sensible a la congelación (FAO, 2010), en Argentina se resalta la importancia de evitar zonas con heladas durante los meses de mayo y gran parte de junio, puesto que en ese período la planta se encuentran en estado de grano lechoso (Lobo *et al.*, 2011). Es así que se ha observado que en latitudes lejanas a la Línea del Ecuador como Choele-Choel (39°11'S) en Argentina, o Tucson (32°14'N) en Estados Unidos, la chía no produce granos, ya que la planta muere por el efecto de las heladas antes de florecer (Ayerza y Coates, 2006). Si bien Las Cruces (33°30'S) se ubica en una latitud lejana a la Línea del Ecuador según lo anterior, el lugar del ensayo fue escogido dada la baja amplitud de las oscilaciones térmicas diarias, debido al efecto del océano que genera veranos frescos e inviernos moderados (Santibáñez y Uribe, 1990). Sin embargo, se registraron bajas temperaturas durante el ensayo que generaron una importante reducción del rendimiento e índice de cosecha, donde temperaturas cercanas a 0°C afectaron a T4 a sólo 7 días luego de iniciada la floración (Figura 2), razón que explicaría el nulo rendimiento obtenido en dicho tratamiento (Cuadro 7).

Al evaluar las temperaturas mínimas registradas a lo largo de los últimos 20 años en la localidad de Santo Domingo, zona costera próxima a Las Cruces, se observa que en promedio estas se mantienen sobre 4°C, registrándose temperaturas inferiores a 0°C durante los meses de mayo y junio (Anexo VI), con una incidencia cercana a 3 días con heladas en 5 años (dato no mostrado), siendo heladas leves y ocasionales, llegando a -1,8°C en el período 2004-2008 (Anexo VI). Sin embargo, durante el año 2013 se registró una mayor incidencia de heladas leves, mientras que las temperaturas menores a 5°C se encuentran dentro de la tendencia de temperaturas registradas durante el período de crecimiento de chía (dato no mostrado). Si bien Santibáñez y Uribe (1990), a partir de un estudio realizado en base a datos climáticos de los años 1967 al 1980, mencionan un promedio de 0 heladas por año, sus datos muestran incidencia de heladas leves a nivel de suelo.

Debido a lo anteriormente expuesto, el rendimiento obtenido en este estudio fue en promedio 123 kg·ha<sup>-1</sup> (Cuadro 7), lo cual resultó ser muy bajo si se compara con rendimientos obtenidos en Argentina que van desde 606 kg·ha<sup>-1</sup> (Coates y Ayerza, 1998) hasta 1.600 kg·ha<sup>-1</sup> (Centurión, 2012). Mientras que en Chile, en un ensayo similar al del presente trabajo, realizado en el Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota, se obtuvieron rendimientos tan altos como 2.380 kg·ha<sup>-1</sup>, con siembras a mediados de febrero e inicios de marzo, y donde el rendimiento en grano de chía oscura fue del orden de los 2.900 kg·ha<sup>-1</sup>, con siembras realizadas a inicios de marzo y cuyas plantas alcanzaron los 90

cm de altura. Cabe destacar que dicho ensayo no se vio afectado por heladas, por lo que las plantas lograron completar su ciclo de desarrollo (Baginsky *et al.*, 2013).

El bajo rendimiento obtenido en este ensayo ratifica el fuerte efecto de las condiciones climáticas sobre el rendimiento (De Kartzow, 2013). En este sentido, un ensayo realizado en México determinó que zonas con una temperatura media anual menor a 16°C y mayor a 28°C no son aptas para el cultivo de chíca, al igual que zonas con altitudes bajas, menores a 200 m.s.n.m. (Ramírez *et al.*, 2012). Lo anterior explicaría, en parte, el bajo rendimiento, puesto que la temperatura media anual de la zona fue de 12,1°C, registrándose una temperatura media durante el ciclo de desarrollo del cultivo de 13°C (Anexo VII), temperatura que se encuentra dentro de la tendencia esperada para la zona (dato no mostrado), la cual es indicada como no apta. Sumado a ello, el ensayo se situó a ~12 m.s.n.m. (Anexo I), lo cual pudo reducir el rendimiento; sin embargo, el daño por frío cubrió estas mermas y el real efecto que pudieron tener estos factores.

Indicar una fecha de siembra óptima para este estudio no es factible debido a los efectos negativos de las bajas temperaturas sobre el rendimiento. Sin embargo, Coates y Ayerza (1996) indican que en Salta, Argentina (23°17'S) el mayor rendimiento se obtiene con siembras en enero, mientras que Lobo *et al.* (2011) mencionan que en Tucumán, Argentina (26°04'S), este se logra con siembras desde la segunda quincena de enero a la primera quincena de febrero. Asimismo, Baginsky *et al.* (2013) indican que en el Valle de Azapa, Chile (18°20'S), el mayor rendimiento se logra con siembras a mediados de febrero e inicios de marzo. Todos estos antecedentes muestran que cada zona tiene una fecha de siembra que podría ser óptima según su latitud.

Otro aspecto que, además de las bajas temperaturas, afectó el rendimiento del cultivo, fue la tendedura de plantas en algunos sectores del ensayo, lo cual fue atribuido al viento y la lluvia, registrándose los primeros eventos de tendedura a inicios de mayo, luego de una lluvia en la cual cayeron 24 mm de agua en un día (Anexo VII). Al evaluar las precipitaciones registradas en los últimos 20 años, se observa que estas no superan los 40 mm promedio en 5 años (Anexo VIII), registrándose lluvias intensas (sobre 80 mm de agua caída en 24 horas) con una incidencia cercana a 2,5 días en 5 años, ya sea en el mes de mayo o junio (dato no mostrado), registrándose hasta 150 mm de agua caída en 24 horas durante el período 1999-2003 (Anexo VIII).

La tendedura de plantas pudo generar pérdidas en rendimiento y calidad del grano a cosecha; además aumentó la humedad dentro del cultivo y con ello la incidencia de hongos como *Sclerotinia sp.*, y provocó una cosecha más lenta, todo lo cual se traduce en pérdidas económicas para el productor (Schürch, 2006). Así por ejemplo, en el caso del trigo, la tendedura durante la emisión de inflorescencia influye en los componentes del rendimiento, afectando el número de granos por inflorescencia y el peso del grano (Pinthus, 1973, citado por Schürch, 2006).

En el presente estudio se registró que plantas sembradas a inicios de febrero presentaron mayor índice de cosecha (Cuadro 7), el que si bien fue muy bajo, fue mayor que el obtenido

en las siembras en enero. Este hecho está asociado a que las plantas de T3 presentaron una menor altura en comparación a T1, lo que implica menor acumulación de biomasa, sin presentar diferencias significativas en cuanto a rendimiento en grano; sin embargo, los resultados obtenidos sobre este parámetro pueden estar influenciados por el efecto negativo de las bajas temperaturas. Resultados de índice de cosecha fueron observados en el Valle de Azapa, Chile, donde se evaluaron las mismas fechas de siembra que las de este estudio, y se obtuvo que siembras realizadas a mediados de febrero generaron el índice de cosecha más alto, correspondiente a 0,54, y cuyas plantas presentaron la menor altura, 51 cm de altura promedio (Baginsky *et al.*, 2013). Este hecho ya habría sido corroborado por Bolaños (1994), quien indica que plantas de gran tamaño presentan un menor índice de cosecha.

En cuanto a los componentes del rendimiento, ninguno de ellos mostró diferencia entre los tratamientos (Cuadro 8). Esto podría ser entendido debido al daño causado por las bajas temperaturas sobre las plantas. Además, en campo se observó la caída de granos producto de la lluvia, el viento y la tendadura, lo cual redujo también el rendimiento y sus componentes. Sumado a ello, está la presencia de sales en el agua de riego, lo cual pudo influir en el bajo rendimiento, ya que Mollinedo y Tapia (2008) indican que el riego con agua de esta calidad puede disminuir el rendimiento de los cultivos.

Un estudio llevado a cabo en México, donde se evaluaron cuatro líneas (ecotipos) de chíá, determinó que el rendimiento por planta promedio fue de 3,4 g, equivalente a cerca de 3.116 semillas por planta (Ayerza y Coates, 2006) versus los 112 granos comerciales por plantas obtenidos en el ensayo de Las Cruces. Esta diferencia podría estar asociada a que en el presente ensayo, además del daño por frío, las plantas de chíá sólo produjeron granos comerciales en la inflorescencia central, estando las inflorescencias laterales prácticamente sin granos. En este sentido Jamboonsri (2010), menciona que en chíá, mientras la inflorescencia principal se encuentra madura al momento de la cosecha, las inflorescencias secundarias permanecen verdes, y que el esperar a que todas maduren aumenta el riesgo de pérdida de semillas por las aves o por el efecto de la lluvia o el viento.

En cuanto a los granos, se ha observado que en *Salvia hispanica* L. se presentan semillas de tres colores, oscura (gris jaspeada), blanca y marrón uniforme, siendo el porcentaje de este último variable en función de las condiciones climáticas adversas durante el período reproductivo, como lo son temperaturas muy bajas y presencia de heladas (Rovati *et al.*, 2012b). Estas semillas presentan un menor peso, ya que son semillas vanas o vacías, con escaso o nulo desarrollo de las estructuras seminales, por lo cual no germinan (Rovati *et al.*, 2012b). Debido al daño por bajas temperaturas en el ensayo, se obtuvo una alta proporción de semillas vanas, correspondiendo aproximadamente al 52% del peso total de semillas producidas. Hay que destacar que en un lote de semillas comerciales de chíá se encuentra una proporción de semillas oscuras, blancas y marrones de ~80:15:5 respectivamente (Jamboonsri, 2010).

El peso de 1.000 granos comerciales fue de 1,24 g en promedio entre los tratamientos, valor muy similar al obtenido en ensayos realizados en Tucumán, Argentina, los que oscilaron entre 1,22 y 1,26 g en el año 2008 y 2010, respectivamente (Rovati *et al.*, 2012a).

En el ensayo se observó como tendencia, un mejor comportamiento de la chía en cuanto a rendimiento en grano e índice de cosecha, en siembras a inicios de febrero (T3) (Cuadro 7), además del uso más eficiente de los recursos, puesto que el cultivo tuvo un menor ciclo de desarrollo, lo que implicó un menor uso del recurso suelo y de agua de riego.

Finalmente, y dado que no se registraron diferencias de rendimiento en grano entre las fechas de siembra evaluadas, así como tampoco fue la siembra realizada a mediados de febrero (T4) la que logró el mayor índice de cosecha, la hipótesis planteada en este estudio es rechazada. Cabe destacar, que la chía sembrada a mediados de febrero tuvo un rendimiento nulo, producto del daño por frío, el cual ocurrió en una fase muy temprana de la etapa reproductiva. Por tanto, y dado que las temperaturas y precipitaciones presentes durante el año del estudio están dentro de la tendencia de dichos parámetros en la zona (anexos VI y VIII), la localidad de Las Cruces, Región de Valparaíso, no es apropiada para el cultivo de *Salvia hispanica* L..

## CONCLUSIONES

No es posible indicar una fecha de siembra óptima para chíá en la localidad de Las Cruces, debido a que las bajas temperaturas durante la etapa reproductiva de las plantas generan graves daños en las flores y con ello, pérdida de rendimiento en grano en todas las fechas de siembra, con el consecuente impacto sobre el índice de cosecha.

Al ser la chíá una planta de día corto, el atraso en la fecha de siembra provoca un acortamiento en su ciclo de desarrollo, y un menor crecimiento de la planta.

Dada las condiciones climáticas imperantes durante este estudio, las cuales se encuentran dentro de la tendencia observada a lo largo de los últimos 20 años en la zona, la localidad de Las Cruces, Región de Valparaíso, no es apropiada para el cultivo de chíá.

## BIBLIOGRAFÍA

Armitage, A. and J. Laushman. 1989. Photoperiodic control of flowering of *Salvia leucantha*. [En línea]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114(5): 755-758. Recuperado en: <<http://eurekamag.com/research/001/908/photoperiodic-control-flowering-salvia-leucantha.php>> Consultado el: 5 de marzo de 2014.

Arriagada, C.; H. Silva y C. Baginsky. 2012. Efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento en grano de chía (*Salvia hispanica* L.). (p. 64). En: Congreso Agronómico de Chile: contribuyendo a la sustentabilidad alimentaria (63°, 5-9 de noviembre de 2012, Temuco, Chile). Libro de Resúmenes. Temuco, Chile. 333p.

Ayerza, R. 2011, aug. The seed's oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) var. Iztac 1, grown under six tropical ecosystems conditions. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 36(8): 620-624.

Ayerza, R. and W. Coates. 2009. Some quality components of four chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes grown under tropical coastal desert ecosystem conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(4): 301-307.

Ayerza, R. and W. Coates. 2011. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34(2): 1366-1371.

Ayerza, R. y W. Coates. 2006. Chía: redescubriendo un olvidado alimento de los Aztecas. Buenos Aires, Argentina: Del Nuevo Extremo. 232p.

Baginsky, C.; J. Arenas; H. Escobar; M. Garrido; N. Valero; D. Tello; *et al.* 2014. Determinación de fecha de siembra óptima de chía en zonas de clima desértico y templado mediterráneo semiárido bajo condiciones de riego en Chile. (Anexo I, 15p.). *En su: Programa FONDECYT: informe de avance etapa 2013. Effect of soil and climatic conditions in the physiology and metabolism secondary in *Salvia hispanica* L., natural source of omega 3 fatty acids. (Inf. Téc.), FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico), CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica), Chile. 18 p.*

Bendaña G. 2012. Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua. Managua, Nicaragua: ACF (Acción Contra el Hambre), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y ECHO (Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea). 288p.

Bolaños, J. 1994. Bases fisiológicas del progreso genético en cultivares del programa regional de maíz. *Agronomía mesoamericana*, 5: 67-77.

Busilacchi, H.; M. Quiroga; M. Bueno; O. Di Sapio; V. Flores y C. Severin. 2013, oct.-dic. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos Tropicales*, 34(4): 55-59.

Centurión, C. El cultivo de chía. *ABC color*. [En línea]. Paraguay. 11 de enero de 2012. Recuperado en: <<http://www.abc.com.py/articulos/el-cultivo-de-chia-354585.html>> Consultado el: 25 de julio de 2013.

Chica, F. y G. Correa. 2005. Evaluación de dos tratamientos fotoperiódicos en crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), bajo condiciones del intertrópico andino alto. *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 58(2): 2859-2881.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Fertilización nitrogenada del arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia: CIAT. 40p.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). 1997. Estudio agrológico V Región: descripciones de suelos, materiales y símbolos. Chile: FDI (Fondo de Desarrollo e Innovación). 366p. (Publicación CIREN N° 116).

Coates, W. and R. Ayerza. 1996, sept. Production potential of chia in northwestern Argentina. *Industrial Crops and Products*, 5(3): 229-233.

Coates, W. and R. Ayerza. 1998, jun. Commercial production of chia in northwestern Argentina. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 75(10): 1417-1420.

CONAF (Corporación Nacional Forestal), Chile. 2001. Guía de parques nacionales y áreas silvestres protegidas de Chile. 2a ed. Santiago, Chile: CONAF. 288p.

De Kartzow, A. 2013, ago. Informe final: estudio de pre factibilidad técnico-económica del cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.) en Chile. (Inf. Téc.), FIA (Fundación para la Innovación Agraria). Chile. 102p.

Dirección Meteorológica de Chile, Dirección General de Aeronáutica Civil. 2014. Productos climatológicos actuales e históricos. [En línea]. Chile. Recuperado en: <<http://164.77.222.61/climatologia/>> Consultado el: 6 de mayo de 2014.

Di Sapio, O.; M. Bueno; H. Busilacchi; M. Quiroga y C. Severin. 2012, may. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(3): 249-268.

EEAOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres). 2014. Cultivos alternativos. Chía: chía en el Noroeste argentino. [En línea]. Tucumán, Argentina.

Recuperado en: <http://www.eeaoc.org.ar/contenidos/796/Chia-en-el-Noroeste-argentino.HTML>> Consultado el: 7 de julio de 2014.

FAO (Food and Agriculture Organization), Italia. 2010. El daño producido por las heladas: fisiología y temperaturas críticas. (Capítulo 4, pp. 73-98). *En su*: Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Roma, Italia: FAO. 241p.

Hernández, J. y S. Miranda. 2008, abr.-jun. Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(2): 105-113.

Hernández, J.; S. Miranda y A. Peña. 2008, sep.-dic. Cruzamiento natural de chía (*Salvia hispanica* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3): 331-337.

InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008 (Software Estadístico). Grupo Infostat, FCA. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Ixtaina, V. 2010. Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispanica* L.) obtenido mediante distintos procesos: aplicación en tecnología de alimentos. Tesis doctoral. Buenos aires, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 275p.

Jackson, S. 2009. Plant responses to photoperiod. *New Phytologist*, 181: 517–531.

Jamboonsri, W. 2010. Improvement of new oil crops for Kentucky. Tesis doctoral. Kentucky, United States: University of Kentucky. 120p.

Jamboonsri, W.; T. Phillips; R. Geneve; J. Cahill and D. Hildebrand. 2012. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. - a new  $\omega$ 3 source. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 171-178.

Lobo, R. En el NOA se perdió el 70% y el 80% de la producción de chía, debido a la sequía: la Estación Experimental Agroindustrial realizará un taller en el que se analizarán los desafíos y los problemas de la actividad. *La Gaceta*. [En línea]. Argentina. 16 de agosto de 2013. Recuperado en: <http://www.lagaceta.com.ar/nota/556388/economia/noa-se-perdio-entre-70porciento-80porciento-produccion-chia-debido-sequia.htmlZ>> Consultado el: 28 de febrero de 2014.

Lobo, R.; M. Alcocer; F. Fuentes; W. Rodríguez; M. Morandini y M. Devani. 2011. Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, República Argentina. *EEAOC-Avance Agroindustrial*, 32(4): 27-30.

Madriz, P.; M. Puche; R. Warnock y A. Trujillo. 2013. Caracterización fenológica de diez cultivares de caraota en relación a grados días acumulados, en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad Central de Venezuela)*, 39(2): 60-73.

Marengo, J. 1984. Estudio sinóptico-climático de los friajes (friagem) en la Amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú*, 12(1-2): 1-26.

Mollinedo, V. y A. Tapia. 2008. Fertirriego del cultivo de tomate. Argentina: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 40p.

Ñústez, C.; M. Santos y M. Segura. 2009, may. Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zipaquirá, Cundinamarca (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 62(1): 4823-4834.

Orozco, G. 1993. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en chíá (*Salvia hispanica* L.) en condiciones de temporal, en Acatic, Jal. Tesis Ingeniero Agrónomo. Jalisco, México: Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara. 81p.

Peiretti, P. and F. Gai. 2009. Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth. *Animal Feed Science and Technology*, 148: 267–275.

Quiroga, M.; H. Busilacchi; C. Severin; V. Flores; M. Bueno; O. Di Sapio; *et al.* 2011. Cultivo de *Salvia hispanica* L. (“chía”) en Salta y Santa Fe. (p. 164). En: Jornadas Argentinas de Botánica (XXXIII, 7-10 de octubre de 2011, Posadas - Misiones, Argentina). Libro de resúmenes. Argentina. 291p.

Ramírez, G.; J. Rosado; A. Castellanos y L. Chel. 2012, dic. Potencial productivo para el cultivo de chíá (*Salvia hispanica* L.) en México y calidad del aceite extraído. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química*, 52: 32-36.

Raven, P.; R. Evert y S. Eichhorn. 1992. Biología de las plantas. Trad. Santamaría. 4ª ed. New York, Estados Unidos: Editorial Reverté. 402p.

Rovati, A.; E. Escobar y C. Prado. 2012 a. Metodología alternativa para evaluar la calidad de la semilla de chíá (*Salvia hispanica* L.) en Tucumán, R. Argentina. *EEAOC - Avance Agroindustrial*, 33(3): 44-46.

Rovati, A.; E. Escobar y C. Prado. 2012 b. Particularidades de la semilla de chíá (*Salvia hispanica* L.). *EEAOC - Avance Agroindustrial*, 33(3): 39-43.

Santibáñez, F. y J. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile: Regiones V y Metropolitana. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Esc. 1:1.500.000. 65p., [1] Lám. Blanco y negro.

Schürch, C. 2006. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento sobre la morfología y rendimiento de tres genotipos de trigo en la provincia del Bio-Bio. Tesis Licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 44p.

Solartopo. 2014. Duración del día durante el año. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.solartopo.com/duracio-del-dia-el-ano.htm>> Consultado el: 10 de mayo de 2014.

Timo, H.; P. Elomaa; T. Moritz and O. Junttila. 2009. Gibberellin mediates daylength-controlled differentiation of vegetative meristems in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *BMC Plant Biology*, 9:18.

Villalobos, E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales: procesos fisiológicos básicos. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica. 235p.

## ANEXOS

## Anexo I. Localización geográfica y datos climáticos. Las Cruces, Región de Valparaíso.

| Localidad  | Latitud Sur | Longitud Oeste | Altitud  | Precipitación anual | Temperatura |             |
|------------|-------------|----------------|----------|---------------------|-------------|-------------|
|            |             |                | m.s.n.m. | mm                  | Máx. (Ene.) | Mín. (Jul.) |
| Las Cruces | 33°30'22,6" | 71°36'15,8"    | 12       | 455                 | 22,9        | 6,9         |

Fuente: CONAF (2001) y Santibáñez y Uribe (1990).

## Anexo II. Descripción del perfil de suelo. Las Cruces, Región de Valparaíso.

| Profundidad<br>cm | Características físicas y morfológicas del perfil de suelo   |
|-------------------|--|
| 0 - 14<br>A       | Color 10YR 4/2 en seco y 10YR 2/1 en húmedo. Franco arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; friable. Bloques subangulares finos a medios, moderados. Raíces finas comunes, medias escasas; poros finos abundantes, medios escasos. Fragmentos de conchas finas (< a 2 cm) comunes (10%). Moteados difusos escasos, de color 5YR 5/6 en seco. Coprolitos comunes. Fuerte reacción al ácido clorhídrico, pero la matriz sin reacción. Límite lineal claro. |
| 14 - 36<br>B      | Color 10YR 3/2 en húmedo. Franco arenosa; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; friable. Bloques subangulares medios, moderados, con 20% de caras angulares. Raíces finas escasas; poros finos abundantes, medios escasos. Fragmentos de conchas finas (< a 2 cm) comunes (< 5%). Gravitas finas escasas. Límite lineal, abrupto.   |
| 36 - 51<br>BC     | Color 70% 10YR 5/2, 30% 10YR 7/1 en seco, con moteados escasos de color 10YR 5/6; y color 10YR 4/2 en húmedo. Arenosa; no plástico y no adhesivo; muy friable. Bloques subangulares finos, débiles. Raíces finas muy escasas; poros finos abundantes. Sin reacción al ácido clorhídrico. Límite lineal claro.  |
| 51 - 65<br>C      | Color en húmedo 50% 2,4YR 6/3, 20% 7,5YR 5/6, 10% 10YR 4/2, y 20% nódulos de manganeso neutro N 2,5/0, meteorizados, de bordes oxidados pero bien definidos. Masivo muy denso. Raíces finas muy ocasionales en grietas; porosidad fina escasa. Muy firme en seco. Sin reacción al ácido clorhídrico.   |

Fuente: Seguel O. 2012, nov.<sup>6</sup>

## Anexo III. Resultados del análisis de suelo. Las Cruces, Región de Valparaíso.

| pH  | C. E.              | Materia orgánica | Nitrógeno | Fosforo             | Potasio |
|-----|--------------------|------------------|-----------|---------------------|---------|
|     | dS·m <sup>-1</sup> | %                |           | mg·kg <sup>-1</sup> |         |
| 7,8 | 0,8                | 2,3              | 10        | 92                  | 264     |

Fuente: Laboratorio de Diagnostico Nutricional, INIA, La Platina. 2012, dic.

<sup>6</sup> Seguel, O. 2012, nov. Descripción de suelo, Las Cruces. [Entrevista personal]. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

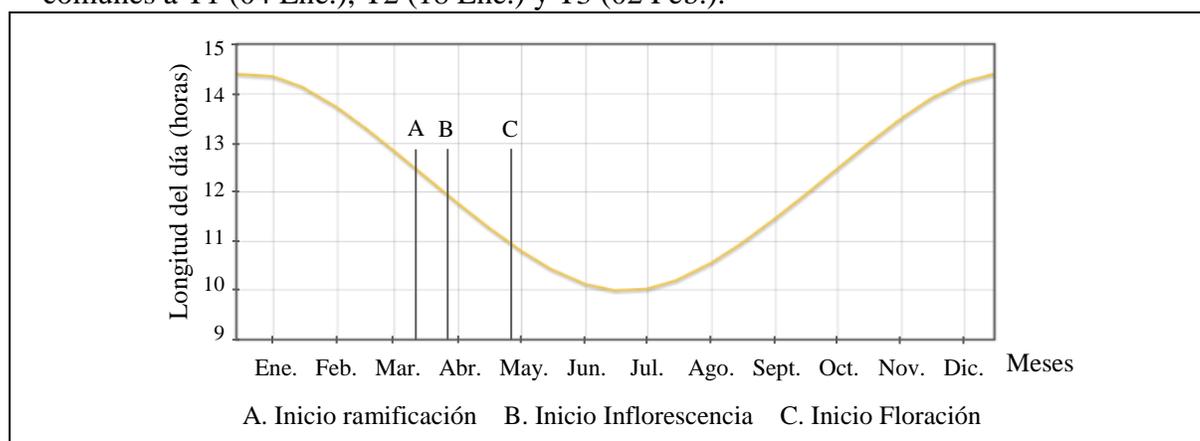
## Anexo IV. Informe de análisis de agua. Las Cruces, Región de Valparaíso.

|                  | pH    | CE                 | Ca <sup>2+</sup>   | Mg <sup>2+</sup>   | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Cl <sup>-</sup> |
|------------------|-------|--------------------|--|--------------------|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                  |       | dS·m <sup>-1</sup> |  |                    | mmol+/L         |                | mmol-/L                       | mg·L <sup>-1</sup>            |                 |
|                  | 7,5   | <b>2,06</b>        | 11,55  | 5,39               | 7,51            | 0,38           | 5,30                          | <b>262</b>                    | <b>258</b>      |
| Valores normados | 5,5-9 | >0,75              |  | No normados        |                 |                |                               | >250                          | >200            |
|                  | RAS   | Na                 |  | Clase de salinidad |                 |                |                               |                               |                 |
|                  |       | %                  |  |                    |                 |                |                               |                               |                 |
|                  | 2,58  | 30,3               | <i>Agua con la cual, generalmente, se observan efectos perjudiciales y requieren de métodos de manejo cuidadosos. Contenido de sulfatos y cloruros exceden valores normados.</i> |                    |                 |                |                               |                               |                 |
| Valores normados |       | 35                 |  |                    |                 |                |                               |                               |                 |

En negrita y cursiva, parámetros que exceden límites máximos permitidos (según NCH-1333, Capítulo "Aguas para riego")

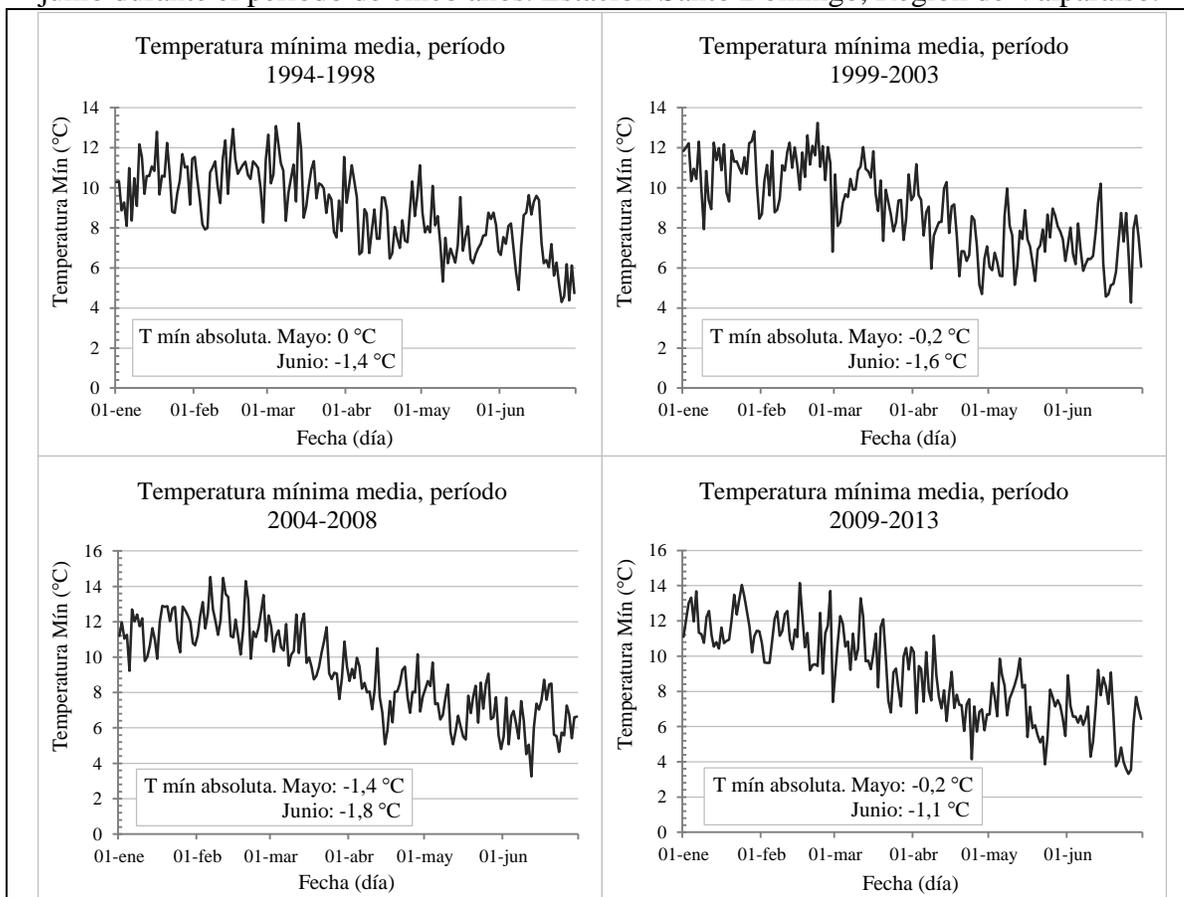
Fuente: Laboratorio de Análisis Ambientales, INIA. 2012, dic.

Anexo V. Duración del día durante el año en la localidad de El Tabo (33,4°S y 71,6°O), Región de Valparaíso, y momento en que ocurren los cambio de estados fenológicos comunes a T1 (04 Ene.), T2 (18 Ene.) y T3 (02 Feb.).



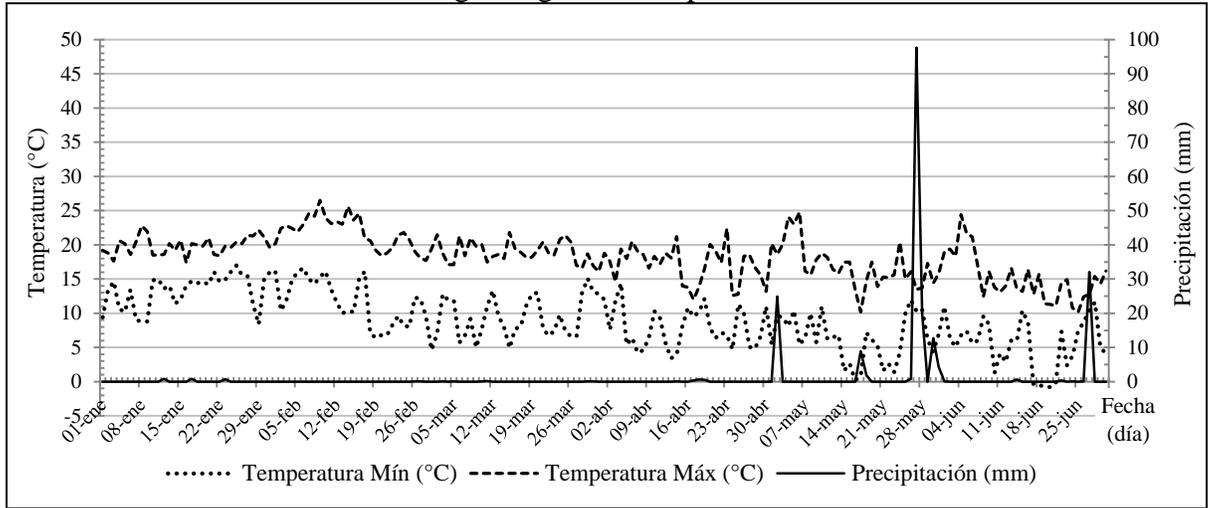
Fuente: Solartopo, 2014.

Anexo VI. Temperatura mínima media de un período de cinco años consecutivos, desde el año 1994 al 2013, incluyendo la temperatura mínima absoluta de los meses de mayo y junio durante el período de cinco años. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso.



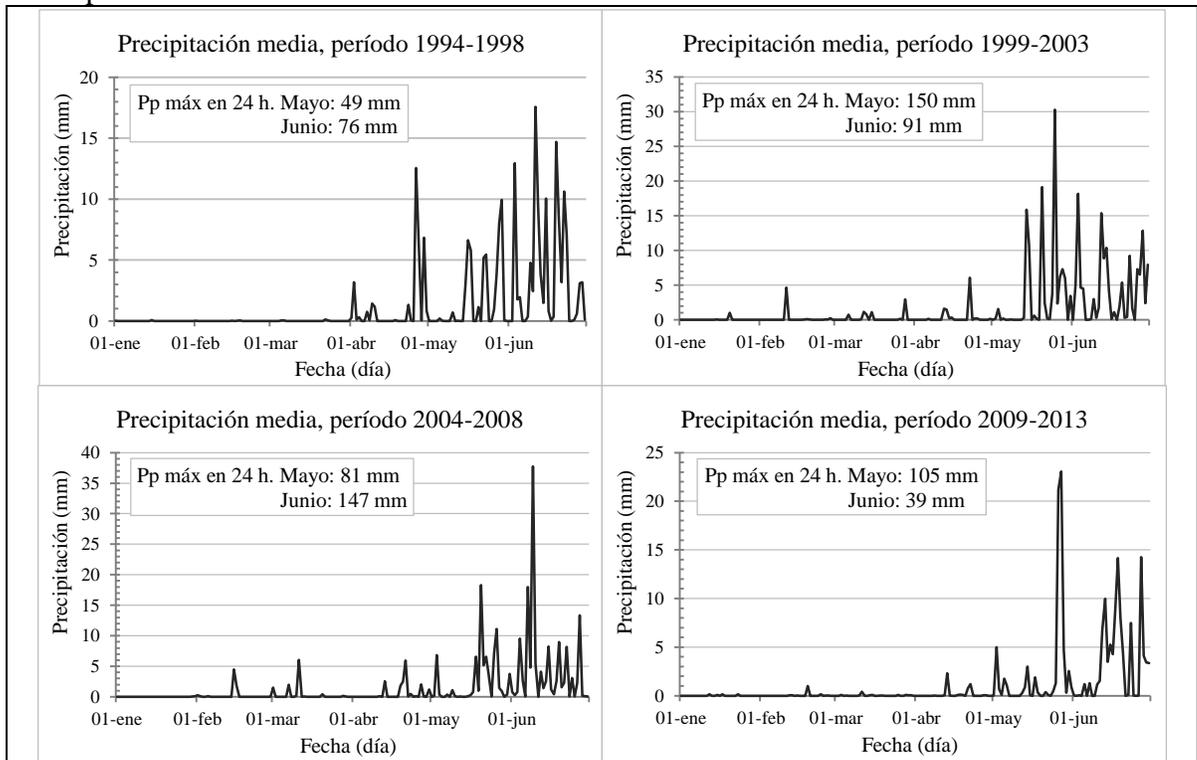
Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2014.

Anexo VII. Temperaturas y precipitaciones registradas durante el período enero-junio del año 2013. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso.



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2014.

Anexo VIII. Precipitación media de un período de cinco años consecutivos, desde el año 1994 al 2013, incluyendo la precipitación máxima en 24 horas ocurrida en los meses de mayo y junio, durante el período de cinco años. Estación Santo Domingo, Región de Valparaíso.



Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2014.